МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ»

Допускается к защите:
заведующий кафедрой
к.т.н., доцент
_____Ниязов А.М.
«___»_____2023г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

Тема: **Повышение качества очистки воздуха внутри производственных помещений.**

Направление – 35.03.06 Агроинженерия

Направленность (профиль) – Электрооборудование и электротехнологии

Выпускник _____ Кузнецов А.Д.
(дата, подпись)

Руководитель,
д.т.н., профессор _____ Лекомцев П.Л.
(дата, подпись)

Ижевск 2023

АННОТАЦИЯ

В выпускной квалификационной работе проведено исследование вредного воздействия пыли на организм человека, проведено исследование предельно-допустимых концентраций вредных веществ на предприятиях по металлообработке. Проведён анализ существующих на предприятиях систем по очистке воздуха. Приведена и обоснована необходимость повышения качества очистки воздуха внутри производственных помещений. Предложен электрофильтр для очистки воздуха, определена экономическая эффективность внедрения новой системы очистки.

ANNOTATION

In the final qualifying work, a study of the harmful effects of dust on the human body was conducted, a study of the maximum permissible concentrations of harmful substances at metalworking enterprises was conducted. The analysis of existing air purification systems at enterprises is carried out. The necessity of improving the quality of air purification inside industrial premises is given and justified. An electro filter for air purification is proposed, the economic efficiency of the introduction of a new purification system is determined.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….....4
ГЛАВА 1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ …….……..……...6
1.1 Пылевой фактор как вредный фактор воздействия на организм работников предприятий по обработке метталла ……..…….……6
1.2 Исследование воздействия металлической пыли на организм человека…10
1.3 Обзор методологии нормирования мелкодисперсной пыли PM10, PM2,5 применительно к предприятиям обработки металла…….....11
1.4 Выбор направления исследований……..17
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛА……..18
2.1 Анализ практических исследований распространения пыли в производственных помещениях……...18
2.2 Загрязняющие вещества при механической обработке металлов.....20
2.3 Виды пылеочистных устройств на производстве……..23
ГЛАВА 3. РЕШЕНИЕ ВОПРОСА ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ…….37
3.1.Удаление пыли на предприятии……37
3.2.Очистка воздуха в цеху……..37
3.3.Разработка комплексных мероприятий для снижения загрязнения воздуха в помещении …….38
3.4. Конструкция и виды электрофильтров……...41
3.5.Свойства и особенности предложенного оборудования……....51
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ……....60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ……...68
ЛИТЕРАТУРА…….....69

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Пылевой фактор в производстве наиболее значительный среди всех факторов, воздействующих на работников. Этот вывод характерен и для предприятий по обработке металла. Металлическая пыль в выбросах предприятий попадает не только в атмосферу и окружающую среду, но и в рабочую зону, и на территорию предприятий. Одним из главных средств коллективной защиты работников служат системы обеспыливания и вентиляции. Для подбора узлов обеспыливания, пылеулавливающего оборудования и других элементов систем обеспыливания важно определить исходные данные для их расчета, и в первую очередь к ним относится дисперсный состав пыли, аэродинамические характеристики.

Одной из причин неэффективной работы систем обеспыливания является поступление на тканевые фильтры потоков с большой концентрацией пыли, что приводит с одной стороны к снижению требуемых объемов воздуха, удаляемых от технологического оборудования, с другой стороны, это может привести к срыву рукавов и повышению пылевыделений в рабочую зону и загрязнению атмосферы вблизи и на территории предприятий. [1]

Одной из проблем для предприятий стройиндустрии является загрязнение окружающей среды мелкодисперсной пылью. Поэтому важно оценить долю частиц PM10 и PM2,5 в пылевом загрязнении, и оценить выполнение нормативов для мелкодисперсной пыли в воздухе рабочих зон и окружающей среде.

Таким образом, актуальным является исследование, направленное на изучение характеристик пыли, выделяющейся от технологического оборудования производства цемента, в том числе PM10 и PM2,5, а также совершенствование систем обеспыливания и пылеочистки для снижения выбросов пыли в окружающую среду и в рабочую зону. [2]

Цель работы. Минимизация вредного воздействия пылевыделений на здоровье работников посредством улучшения систем очистки воздуха на основе результатов исследования процессов распространения, оседания, улавливания и основных свойств пыли, образующейся при обработке металлов.

Задачи исследования.

1. Исследование существующих на предприятиях системы вентиляции и очистки воздуха.
2. Проанализировать предельно-допустимые нормы вредных веществ в воздухе рабочей зоны на предприятиях по обработке металла.
3. Предложить систему вентиляции, направленную на снижение концентрации пыли в рабочей зоне.

Объектом исследования являются системы вентиляции и обеспыливания воздушного пространства рабочей зоны в производственных цехах по обработке металла.

Предмет исследования – способы повышения эффективности систем вентиляции и очистки воздуха.

ГЛАВА 1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВНИЯ

1.1Пылевой фактор как вредный фактор воздействия на организм работников предприятий по обработке металла.

Производственная пыль является одним из широко распространенных неблагоприятных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работающих. [12] Целый ряд технологических процессов сопровождается образованием мелкораздробленных частиц твердого вещества (пыль), которые попадают в воздух производственных помещений и более или менее длительное время находятся в нем во взвешенном состоянии.

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей микрона. Многие виды производственной пыли представляют собой аэрозоль.

Например, наиболее распространенные вредные вещества на предприятиях по изготовлению оборудования для нефтегазодобычи – это пыль и тонкодисперсные аэрозоли, вызывающие различного рода заболевания. Пыль бывает крупнодисперсной (размер частиц более 50 мкм), среднедисперсной (50-10 мкм) и мелкодисперсной (менее 10 мкм).

Пыль размером от 0,25 до 10 мкм считается микроскопической, менее 0,25 мкм - ультрамикроскопической.

Пары и аэрозоли образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы вещества – дисперсные системы (аэрозоли). Аэрозоли подразделяют на пыль (размер твердых частиц более 1 мкм), дым (менее 1 мкм) и туман (размер жидких частиц менее 10 мкм).

Согласно общепринятой классификации все виды производственной пыли подразделяются на органические, неорганические и смешанные.

Первая группа делится на пыль естественного (древесная, хлопковая, льняная, шерстяная и др.) и искусственного (пыль пластмасс, резины, смол и др.) происхождения.

Вторая - на металлическую (железная, цинковая, алюминиевая и др.) и минеральную (кварцевая, цементная, асбестовая и др.) пыль.

К смешанным видам пыли относят каменноугольную пыль, содержащую частицы угля, кварца и силикатов, а также пыли, образующиеся в химических и других производствах. Специфика качественного состава пыли предопределяет возможность и характер ее действия на организм человека. Определенное значение имеют форма и консистенция пылевых частиц, которые в значительной мере зависят от природы исходного материала.

Так, длинные и мягкие пылевые частицы легко осаждаются на слизистой оболочке верхних дыхательных путей и могут стать причиной хронических трахеитов и бронхитов. Степень вредного действия пыли зависит также от ее растворимости в тканевых жидкостях организма. Большая растворимость токсической пыли усиливает и ускоряет ее вредное влияние.

Неблагоприятное воздействие пыли на организм может быть причиной возникновения заболеваний. Обычно различают специфические (пневмокониозы, аллергические болезни) и неспецифические (хронические заболевания органов дыхания, заболевания глаз и кожи) пылевые поражения.

Среди специфических профессиональных пылевых заболеваний большое место занимают пневмокониозы — болезни легких, в основе которых лежит развитие склеротических и связанных с ними других изменений, обусловленных отложением различного рода пыли и последующим ее взаимодействием с легочной тканью.

Среди различных пневмокониозов наибольшую опасность представляет силикоз, связанный с длительным вдыханием пыли, содержащей свободную двуокись кремния (SiO_2). Силикоз - это медленно протекающий хронический процесс, который, как правило, развивается только у лиц, проработавших несколько лет в условиях значительного загрязнения воздуха кремниевой пылью. Однако в отдельных случаях возможно более быстрое возникновение и течение этого заболевания, когда за сравнительно короткий срок (2-4 года) процесс достигает конечной, терминальной, стадии.

Производственная пыль может оказывать вредное влияние и на верхние дыхательные пути. Установлено, что в результате многолетней работы в условиях значительного запыления воздуха происходит постепенное истончение слизистой оболочки носа и задней стенки глотки. При очень высоких концентрациях пыли

отмечается выраженная атрофия носовых раковин, особенно нижних, а также сухость и атрофия слизистой оболочки верхних дыхательных путей. [17]Развитию этих явлений способствует гигроскопичность пыли и высокая температура воздуха в помещениях. Атрофия слизистой оболочки значительно нарушает защитные (барьерные) функции верхних дыхательных путей, что, в свою очередь, способствует глубокому проникновению пыли, т. е. поражению бронхов и легких.

Производственная пыль может проникать в кожу и в отверстия сальных и потовых желез. В некоторых случаях может развиться воспалительный процесс. Не исключена возможность возникновения язвенных дерматитов и экзем при воздействии на кожу пыли хромо-щелочных солей, мышьяка, меди, извести, соды и других химических веществ.

Действие пыли на глаза вызывает возникновение конъюнктивитов. Отмечается анестезирующее действие металлической и табачной пыли на роговую оболочку глаза. Установлено, что профессиональная анестезия у токарей возрастает со стажем.

Понижение чувствительности роговицы обусловливает позднюю обращаемость рабочих по поводу попадания в глаз мелких осколков металла и других инородных тел. У токарей с большим стажем иногда обнаруживают множественные мелкие помутнения роговицы из-за травматизма пылевыми частицами.

Эффективная профилактика профессиональных пылевых болезней предполагает гигиеническое нормирование, технологические мероприятия, санитарно-гигиенические мероприятия, индивидуальные средства защиты и лечебно-профилактические мероприятия.

Основой проведения мероприятий по борьбе с производственной пылью является гигиеническое нормирование. Соблюдение установленных ГОСТом предельно допустимых концентраций (ПДК) - основное требование при проведении предупредительного и текущего санитарного надзора.

Систематический контроль за состоянием уровня запыленности осуществляют лаборатории центров санэпиднадзора, заводские санитарно-химические лаборатории. На администрацию предприятий возложена ответственность за поддержание условий, препятствующих превышению ПДК пыли в воздушной среде.

При разработке оздоровительных мероприятий основные гигиенические требования должны предъявляться к технологическим процессам и оборудованию, вентиляции, строительно-планировочным решениям, рациональному медицинскому обслуживанию работающих, использованию средств индивидуальной защиты.

Методы и средства защиты от пыли:

- внедрение непрерывных технологий с закрытым циклом (использование закрытых конвейеров, трубопроводов, кожухов);

- автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами (особенно при погрузоразгрузочных и фасовочных операциях);

- замена порошкообразных продуктов брикетами, пастами, суспензиями, растворами;

- смачивание порошкообразных продуктов при транспортировке (душевание);

- переход с твердого топлива на газообразное или электроподогрев;

- применение общей и местной вытяжной вентиляции помещений и рабочих мест;

- применение индивидуальных средств защиты (очков, противогазов, респираторов, спецодежды, обуви, мазей).

В системе оздоровительных мероприятий важен медицинский контроль за состоянием здоровья работающих. В соответствии с действующими правилами обязательным является проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров. [15]

Основная задача периодических осмотров — своевременное выявление ранних стадий заболевания и предупреждение развития пневмокониоза, определение профпригодности и проведение эффективных лечебно-профилактических мероприятий.

Среди профилактических мероприятий, направленных на повышение реактивности организма и сопротивляемости пылевым поражениям легких, наибольшую эффективность обеспечивают:

- УФ-облучение, тормозящее склеротические процессы;
- щелочные ингаляции, способствующие санации верхних дыхательных путей;
- дыхательная гимнастика, улучшающая функцию внешнего дыхания;
- диета с добавлением метионина и витаминов.

1.2Исследование воздействия металлической пыли на организм человека.

Ежегодные медицинские профосмотры работников показали, что они входят в группу высокого риска по заболеваниям дыхательных путей. На производстве работники вдыхают металлическую пыль в большом количестве и продолжительно по времени. Пыль может длительное время задерживаться в дыхательных органах. Если не эффективно работают системы вентиляции и обеспыливания, то последствия могут быть весьма серьезными: со временем, слизистая оболочка потеряет способность задерживать пыли, и пыль начинает попадать прямо в легкие, где вызывает необратимые изменения в легочных тканях.

Частицы диаметром от 3 до 10 мкм могут распространяться по всему трахеобронхиальному дереву. Частицы диаметром от 0,1 до 3 мкм в основном оседают в альвеолах, а частицы менее 0,1 мкм остаются в потоке воздуха и выдыхаются.

Проводимые в последние десятилетия исследования показали, что металлическая пыль при попадании в дыхательные пути может вызывать изменения легочной ткани, что в последствии приводит к необратимым функциональным изменениям легких. Пневмокониоз, возникающий в результате длительного воздействия металлической пыли, провоцируется диоксидом кремния. Также у рабочих встречается хронический бронхит. Научные исследования, в том числе и проводимые ВОЗ, подтверждают связь между запыленностью воздуха мелкодисперсными частицами и отклонениями в состоянии здоровья людей, включая хронические заболевания верхних дыхательных путей, одышку, болевой синдром во время дыхания и даже случаи преждевременной смерти.

Пыль диаметром меньше 10 мкм может достигать трахеобронхиальные областей дыхательного тракта. Частицы пыли размером 2-3мкм и меньше могут достигнуть альвеол в периферии легкого, поэтому они рассматриваются как вдыхаемая пыль. В зависимости от физико- химических свойств компонентов смеси отмечены случаи возникновения у работников пневмокониоза или силикоза. [11] Также встречаются такие заболевания как астма, разновидности бронхитов, сращения тканей плевры, воспалительные процессы хронического характера, а также возникновение полипов в слизистой носа. Кроме того, отмечаются случаи выявления язвы желудка и двенадцатиперстной кишки, возникновение которых, вероятнее всего, обусловлено специфическим воздействием цементной пыли на слизистую желудочно– кишечного тракта. Для того, чтобы избежать неприятных последствий на производстве, медики в первую очередь, рекомендуют сотрудникам использовать средства индивидуальной защиты - респираторы. Регулярные медосмотры помогут предотвратить, вовремя диагностировать и вылечить возникающие проблемы со здоровьем.

1.3Обзор методологии нормирования мелкодисперсной пыли PM10, PM2,5 применительно к предприятиям обработки металла.

Научные исследования отрицательного воздействия мелкодисперсной пыли на человека и окружающую среду начались с 90х годов XX века в Европе, США, Канаде, Великобритании. Данные исследования доказывают связь между уровнем загрязнения воздуха мелкодисперсными частицами и проблемами здоровья людей, включая, острые хронические заболевания дыхательных путей, бронхит одышку, астму болезненное дыхание, а также преждевременные смертные случаи.

В Директиве 2008/50/EC «О качестве атмосферного воздуха и о более чистом воздухе для Европы» (Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe) от мая 2008 г. прописаны значения предельных уровней (концентраций) загрязняющих веществ. [20]Целью этого норматива является предотвращение или уменьшения негативного влияния на состояние здоровья человека, а также на качество окружающей среды в целом, в том числе для мелкодисперсной пыли PM10 и PM2,5. Приведенные нормативы должны

быть достигнуты в заданные периоды времени; после этого необходимо соблюдать значения концентраций вредных веществ в воздухе окружающей среду на полученном уровне.

Таблица 1.1 – Предельно допустимые концентрации в воздухе, согласно Директиве 2008/50/ЕС для PM10 на каждой технологической площадке, а также расчета воздухообмена.

Промежуток осреднения	Максимальный уровень (концентрация)	Интервалы допустимых отклонений	Дата достижения
Взвешенные вещества, частицы размером <10 мкм (PM_{10})			
24часа	50 мкг/м3, уровень не должен превышать более 35 раз в течение календарного года	50%	01.01.2005
Календарный год	50 мкг/м3	20%	01.01.2005

Для частиц пыли, находящихся во взвешенном состоянии размером <2,5 мкм (PM2.5) Директива 2008/50/ЕС предусматривает последовательное снижение среднегодовой концентрации данных частиц пыли в воздухе.

В Великобритании согласно со Стратегией в области качества воздуха (Air Quality Strategy, 2007) целевые показатели параметров воздуха применимые для частиц пыли с размером PM10 и PM2,5 нормируются следующим образом:

Таблица 1.2 - Целевые показатели качества воздуха для взвешенных частиц с размером PM10 и PM2,5 в Великобритании

Загрязняющее вещество	Целевые показатели качества воздуха		Дата достижения
	Концентрация	Период осреднения	
Взвешенные вещества, частицы размером <10 мкм (PM_{10}), гравиметрическое определение			
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландий	50 мкг/м3 (не должна превышаться более 35 раз в год)	Средняя величина из 24 последовательных среднечасовых концентраций	31.12.2004
	мкг/м3	Среднегодовая концентрация	31.12.2004
Взвешенные вещества, частицы размером <2,5 мкм ($PM_{2,5}$), гравиметрическое определение			
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландий	25 мкг/м3 (данный показатель, не установленный в настоящее время законодательством)	Среднегодовая концентрация	2020
	15% сокращение дозы в городах Среднегодовая концентрация 2010 - 2020		
Шотландия	12 мкг/м3 (лимит)	Среднегодовая концентрация	2010

Стандарты качества атмосферного воздуха США (по состоянию на 2008 г.) включают в себя нормирование количества присутствия мелкодисперсной пыли.

Таблица 1.3 - Стандарты качества атмосферного воздуха США по PM10 и PM2,5

Загрязняющее вещество	Первичные стандарты	
	Уровень	Период осреднения
Взвешенные вещества, частицы размером <10 мкм (PM_{10})	0,15 мг/м3	24 часа
Взвешенные вещества, частицы размером <2,5 мкм ($PM_{2.5}$)	0,015 мг/м3	Год (среднее арифметическое)
	0,035 мг/м3	24 часа

В Австралии стандарты качества атмосферного воздуха были приняты в 1998г. Значение этих стандартов должно быть достигнуто ка 2008 г.; при этом для каждого из нормативов определен период осреднения и предельное количество случаев раз в году, когда этот показатель может быть превышен.

Допустимые пределы содержания загрязняющих веществ как для производственной, так и в селитебной зоны в России определяются нормативами качества воздуха, которые в свою очередь относятся к санитарно-гигиеническим. Нормирование направлено на комплексный учет каждого источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что, в свою очередь, позволяет расширить перечень загрязняющих веществ.

Таблица 1.4 - Стандарты качества воздуха в Австралии в применимые для PM10 и PM2,5

Загрязняющее вещество	Период осреднения	Максимальная концентрация	Цель на 10-летний период (максимальное число случаев превышения)
Взвешенные вещества, частицы размером <10 мкм (PM_{10})	1 сутки	50 мкг/м3	5 дней в году
Взвешенные вещества, частицы размером <2,5 мкм ($PM_{2,5}$)	1 сутки	25 мкг/м3	сбор достаточной информации для установления национального стандарта в 2005 г.

Достижение и поддержание значений концентрации вредных веществ в воздухе окружающей среды согласно нормативам обеспечивает необходимое качество воздуха как на производственных территориях, так и в жилой застройке, которое не оказывает неблагоприятного воздействия на здоровье человека (концепция нулевого риска). В процессе принятия и описания нормативов качества (целевых показателей качества) окружающей среды более высокую популярность приобретает метод, который базируется на оценке риска (меры опасности, определяющей возможность установления негативных явлений/последствий).

До недавнего времени в России приводилось к установленным нормам общее содержание взвешенных веществ и в атмосферном воздухе, и в рабочей зоне предприятий. В июне 2010 года были введены в действие гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604-10 с 21.06.2010г.: дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», которые нормируют содержание взвешенных веществ по фракциям PM10 и PM2,5.

Таблица 1.5 - Величины ПДК в атмосферном воздухе, установленные для PM10 и PM2,5

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м3			Класс опасности
	Максимально-разовая	Средне-суточная	Средне-годовая	
2	3	4	5	6
Взвешенные частицы PM_{10}	0,3	0,06	0,04	-
Взвешенные частицы $PM_{2,5}$	0,16	0,035	0,0255	-

Для определения целевых показателей качества воздуха в разных странах свойственны свои методы к достижению предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе. Но несмотря на отличия в методах численные значения показателей для многих веществ достаточно близки [57, 68, 138]. Данный факт является итогом недавних действий, направленных на уточнение ряда как предельно допустимых концентраций в России, так и концентраций, установленных рекомендациями ВОЗ по качеству воздуха в Европе.

Таблица 1.6 - Нормативы качества атмосферного воздуха: РФ, ЕС, ВОЗ

Загрязняющее вещество	Период осреднения / характер норматива	Концентрации, мкг/м3			
		РФ	ЕС	ВОЗ	США
Взвешенные вещества, частицы размером < 10 мкм (PM_{10})	24 часа	60	50	50	150
	Год	40	20	20	80
Взвешенные вещества, частицы размером < 2,5 мкм ($PM_{2.5}$)	24 часа	35	—	10	
	Год	25	25 (целевой показатель, вступил в силу 01.01.2010)		
Взвешенные вещества (общая концентрация)	24 часа (ПДК СС)	500	—		—
	20 минут	15000	—		—

Ввиду последствий повышенной запыленность и длительность нахождения частиц пыли во взвешенном состоянии, нормирование концентрации мелкодисперсной пыли PM10 и PM2,5, во всем мире считается наиболее значимым. [21]Тем не менее, до настоящего времени в воздухе рабочей зоны приняты нормативы содержания взвешенных веществ в воздухе рабочих зон производств стройиндустрии без учета их размеров. Разработка и принятие нормативов для мелкодисперсной пыли PM10 и PM2,5 дает возможность точно определять местные фоновые концентрации, устанавливать определенные конкретные требования к предприятиям и получать достоверную аналитическую информацию, которая необходима для контроля поддержания установленных нормативов.

1.4Выбор направления исследований.

На производстве по обработке металла в воздух рабочей зоны помещения выделяются вредные вещества. Превышения значения концентраций вредных веществ вызывают хронические заболевания органов дыхания. Следовательно, предстоят задачи:

- Исследование существующей на предприятии системы вентиляции и очистки воздуха.
- Организация воздухообмена, а также систем вентиляции, направленной на разбавление вредностей в воздухе рабочей зоны существенно снизить значения концентрации.

Основным направлением исследования является исследование движения пылевоздушных масс по всему объему цеха, оптимизация расчета концентраций пыли.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛА

2.1Анализ практических исследований распространения пыли в производственных помещениях.

В настоящее время вопрос о распространении пыли в производственных помещениях остается актуальным ввиду повышения требований к качеству воздуха рабочей зоны.

Практические исследования распространения пыли проводились в работах Эльтермана В.М., Богуславского Е.И., Коптева Д.В., Беспалова В.И., Штокмана Е.А., Назарова Н.Н, Калинушкина М.П., Азарова В.Н., Горбуновой М.Е., Гадаборшевой Т.Б. и проч.

Посохин В.Н., сформулировал, что главным критерием эффективности аспирационных систем является концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, а Богуславским Е.И., и Азаровым В.Н. была предложена методика экспериментального определения значения количества пыли, исходящей от технологического оборудования.

Для решения вопросов воздухообмена помещений, имеющих сложное планировочное решение, Кононенко В.Д. и Азаровым В.Н. было предложено деление цехов данного типа на аэродинамические объемы.

По предлагаемой методике весь объем цеха необходимо разбить на отдельные аэродинамические объемы, исходя из особенностей объемно–планировочных решений и необходимости индивидуального вентилирования.

Аэродинамические объемы всего помещения рассматриваются как взаимовлияющая система объемов, в которой каждая из частей влияет друг на друга. В единичном аэродинамическом объеме определяют рабочую зону, в которой находится производственно-технологическое оборудование с выявлением места выделения вредностей и их количества, определяются потери тепла оборудованием.

После этого составляется воздушно–тепловой баланс или баланс по вредностям, в зависимости от того, что необходимо для отдельного объема, и определяется количество воздуха, необходимого для обеспечения нормируемых параметров на

рабочих местах. Разделение на отдельные аэродинамические объемы позволяет оптимально организовать воздухообмен, учитывая вредное влияние объемов друг на друга вследствие перетекания вредностей. Предложенный метод деления цехов с площадками на отдельные аэродинамические объемы позволяет повысить эффективность систем жизнеобеспечения и исключить те недостатки, которые неизбежны при проектировании по общепринятой методике. Причем, эффективность воздухообмена тем выше, чем правильнее разбивка цеха на отдельные объемы.

Азаров В.Н. показал, что факторами, которые оказывают влияние на характер распределения пыли, являются скорость воздушного течения при объемном источнике пылевыделения и направление потока воздуха к оси источника выделяющейся пыли при линейном источнике пылевыделения. Для решения задач по определению мощности источника пылевыделения через интенсивность используют разработанную методику, отличительной особенностью которой, является зонирование площади пылеоседания.

С учетом данных, полученных Азаровым В.Н., Гадаборшева Т.Б. определила, что для уменьшения области распространения пыли в цехах с многоярусным расположением технологических площадок следует понижать и регулировать скорость подачи приточного воздуха в каждом отдельном аэродинамическом объеме. Уменьшение скорости приточного воздуха в рабочую зону способствует сокращению области распределения выделяющихся вредностей – тепла и пыли.

По результатам эксперимента Горбуновой М.Е. по исследованию аэродинамических параметров пыли, выделяющейся в воздух рабочего помещения из оборудования, получены данные, что в рабочей зоне во взвешенном состоянии находятся частицы пыли со средним диаметром от 2,5 до 10 мкм учитывая, что скорость поднимающегося потока воздуха составляет от 0,1 до 0,17 м/с. Частицы пыли приведенного диаметра составляют 5-7% от общего количества всей пыли, которая исходит от оборудования.

2.2Загрязняющие вещества при механической обработке металлов.

Основные вредные выделения в атмосферу в механических цехах – стружка и пыль, образующиеся в процессе обработки хрупких материалов; тепловыделения от людей, от станочного оборудования и солнечной радиации (летом).

При заточке инструмента, обдувке, шлифовании и полировании изделий выделяется абразивная, металлическая и органическая пыль, предельная концентрация в воздухе рабочей зоны – 4 мг/м³

воздуха. Пыль из заточных, шлифовальных и полировальных отделений удаляется местными отсосами от заточных, обдирочных, полировальных и шлифовальных кругов.

Источниками загрязнения воздуха при работе станков с применением для охлаждения режущего инструмента смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) (минеральных масел, эмульсий и керосина) являются пары и аэрозоли этих жидкостей, иногда образующие в воздухе масляные и керосиновые туманы.

При выполнении отделочных операций механической обработки (хонингования, суперфиниша, доводки) в воздух поступают пары керосина, а также аэрозоли поверхностно-активных веществ (в частности, олеиновой кислоты). Обработка всухую абразивными инструментами (шлифовальными и полировальными кругами и лентами) сопровождается выделением абразивной пыли.

При холодной обработке металлов резанием широкое применение получили СОЖ, в состав которых входят нефтяные масла (веретенное, сульфофрезол и др.), а также приготовленные на их основе эмульсолы и 3–10% водные растворы – эмульсии. Как правило, подача СОЖ в зону

резания производится способом полива. Для достижения технологического эффекта используется большое количество жидкости от 1,5 до 10 л/мин 5% эмульсии; 3–5 л/мин сульфофрезола и др.

При этом воздух производственных помещений загрязняется масляным туманом в концентрациях 4–40 мг/м³, углеводородами, парами щелочи.

Причем доля так называемых маслосодержащих вод (отработанные водосмешиваемые СОТС, утечки из смазочных систем и маслохозяйств и т.п.) составляет 40–60% общезаводского стока.

Разлив, разбрызгивание, потери со стружкой и обтирочным материалом, просто слив СОТС в канализацию приводят к загрязнению почвы, водоемов и воздуха. Кроме того, при этом безвозвратно теряется и та часть компонентов (включая воду), которую можно было бы извлечь и использовать повторно для приготовления новой партии СОТС, либо для других целей.

В процессе многократного использования при механической обработке металлов СОЖ истощаются и теряют свои технологические свойства. Основные причины этого следующие:

- накопление металлических частиц (пыли) и продуктов термического разложения масс;
- окисление масел в процессе работы, образование смол и др.;
- обеднение эмульсий в результате выноса эмульсола со стружкой (полосой);
- попадание в СОЖ масел, смазок и специальных жидкостей из гидравлических систем станков и станов;
- повышение содержания солей жесткости в водной фазе (выпаривание воды из эмульсии и внесение солей жесткости при добавлении воды);
- – микробиологическое поражение (загнивание).

Последний фактор – основной в определении срока службы СОЖ.

Бактериальная и грибная микрофлора развивается во всех видах водосмешиваемых СОЖ при их хранении и эксплуатации. В эмульсионных жидкостях превалируют бактерии, в синтетических – дрожжевые и плесневые грибы. Полусинтетические жидкости занимают промежуточное положение. Осуществляемые в процессе эксплуатации меры (очистка, введение биоцидов и др.) позволяют существенно продлить срок службы СОЖ. [16]

Когда дальнейшее использование отработанной СОЖ становится невозможным, возникает необходимость её удаления из системы и замены свежей.

Общий уровень звукового давления в механических, ремонтных и инструментальных цехах, создаваемый металлорежущим оборудованиям, находится в пределах 85–100 дБ, достигая в отдельных случаях 105–114 дБ. Наиболее высокие уровни шума зарегистрированы при работе

крупных и тяжелых токарных, револьверных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных станков. Спектр шума в основном средне- и высокочастотный.

Основными источниками шума при работе металлорежущих станков являются элементы их приводов – электродвигатели, зубчатые и ременные передачи, подшипники, особенно при наличии износа, перекосов и дисбаланса движущихся частей, а также сам процесс резания и
вибрации технологической системы станок-приспособление-инструмент-деталь (СПИД).

Высокие уровни шума (100–106 дБ) высокочастотного характера создаются при работе револьверных станков и автоматов вследствие ударов пруткового материала о направляющую трубу.

На участках заточки режущего инструмента общий уровень шума составляет 85–90 дБ.

Широко применяемые на различных этапах обработки и сборки ручные механизированные инструменты, главным образом пневматические (шлифовальные и сверлильные машины, перфораторы, зубила, рубильно-чеканные и клепальные молотки, гайковерты и т. п.), являются
источниками не только интенсивного (88–118 дБ) шума механического и аэродинамического происхождения, но также сильной локальной вибрации.

Последняя вызывается неуравновешенностью вращающихся шлифовальных кругов и шпинделей или возвратно-поступательным движением бойка, зубила и т.д. В работе проведен анализ таких технологий с позиции их воздействия на окружающую среду.

Основные отходы машиностроительного производства: твердые (стружка, окалина и т.д.); пыль; шламы; жидкостные (условно чистые); жидкостные (грязные); пары и аэрозоли; рентгеновское излучение; ионизирующее излучение; тепловыделение; шум; вибрации; световые излучения; ультразвук; электромагнитные поля и токи; механические перемещения.

2.3Виды пылеочистных устройств на производстве.

По принципу действия различают следующие виды пылеочистных устройств:

1) Механического типа:

- Сухие:

1. Гравитационные
2. Инерционные
3. Центробежные
4. Вихревые
5. Фильтрующие

- Мокрые (скрубберы):

1. Капельные
2. Пленочные
3. Барботажные

2) Электрического типа:

- Сухие горизонтальные
- Сухие вертикальные
- Мокрые
- Двузонные.

К инерционным очистным устройствам относятся пылеосадительные камеры, в которых частицы загрязнения удаляются из потока газа под действием инерционных сил. Центробежные пылеотделители — это циклоны, мультициклоны и другие аппараты, работа которых основана на использовании сил инерции, выделении частиц пыли при изменении направления потока очищаемого газа.

Одним из самых эффективных мокрых пылеуловителей является скруббер Вентури, в котором турбулентный поток загрязненного газа пропускают через воду. При этом происходит захват каплями воды частиц пыли, коагуляции (слипание в более крупные комья) этих частиц с последующим осаждением в каплеуловителе инерционного типа.

В фильтрующих устройствах улавливание частиц пыли происходит при прохождении газа через пористые материалы. Различают тканевые (к ним относятся

каркасные и рукавные фильтры), волокнистые (ячейковые, панельные, рукавные) и зернистые (ячейковые, барабанные) фильтры.

В мокрых электрофильтрах вода подается в виде пленки на осадительные электроды. Применение пылеулавливающих устройств мокрой очистки ограничивается теми случаями, когда допустимо увлажнение очищаемого газа.

Для эффективной очистки от пыли с размерами частиц до 4 мкм применяют главным образом рукавные фильтры и электрофильтры. Если размеры частиц лежат в диапазоне 4-8 мкм, то для очистки лучше применять циклоны с мокрой пленкой или скрубберы. Циклоны чаще всего используются для очистки от пыли с размерами частиц более 8 мкм.

Расчет степени очистки воздуха пылеочистным устройством

Существует формула, по которой можно рассчитать эффективность устройств пылеочистки. Эффективность характеризует, насколько устройство способно очистить воздух и измеряется в процентах:

$$N0 = ((A1 — A2)/A1)*100\%, \quad (2.1)$$

где:

N0 — степень (эффективность) очистки воздуха,

A1 — концентрация пыли в воздухе после очистки,

A2 — концентрация пыли в воздухе до очистки.

При многоступенчатой очистке воздуха используют специальную формулу, в которой учитывается эффективность очистки на каждой ступени. К примеру, для двухступенчатой очистки эта формула такова:

$$N0 = N1 + N2 — N1*N2, \quad (2.2)$$

где:

N0 — общая степень (эффективность) очистки воздуха,

N1 — степень (эффективность) очистки воздуха на первой ступени,

N2 — степень (эффективность) очистки воздуха на второй ступени.

Чтобы сравнить эффективность разных пылеочистных устройств, пользуются такой формулой:

$$N = (100\% — N1) / (100\% — N2), \quad (2.3)$$

где:

N — сравнительная степень (эффективность) очистки воздуха,

N1 — степень (эффективность) очистки воздуха первого устройства,

N2 — степень (эффективность) очистки воздуха на второго устройства.

Пусть N1 = 90%, а N2 = 95%. Воспользуемся формулой и получим, что эффективность второго устройства в 2 раза превышает степень очистки первого. А не на 5%, как думают некоторые.

Для эффективной очистки от пыли с размерами частиц до 4 мкм применяют главным образом рукавные фильтры и электрофильтры. Если размеры частиц лежат в диапазоне 4-8 мкм, то для очистки лучше применять циклоны с мокрой пленкой или скрубберы. Циклоны чаще всего используются для очистки от пыли с размерами частиц более 8 мкм. [19]

Если нужно рассчитать эффективность очистки для каждой фракции пыли, то концентрация измеряется только по исследуемой фракции. Но поскольку частицы пыли имеют разнообразную форму (шарики, палочки, пластинки, иглы, волокна и т.д.), то для них понятие размера условно.

В общем случае принято характеризовать размер частицы величиной, определяющей скорость ее осаждения, — седиментационным диаметром. т.е. фактически приводят частицы неправильной формы к некоему абстрактному шару, скорость осаждения и плотность которого равны скорости осаждения и плотности исследуемых частиц, а потом определяют диаметр этого шара и пользуются им для отнесения частиц к той или иной фракции.

Помимо эффективности очистки, при выборе пылеочистных устройств нужно учитывать и другие их характеристики. К их числу относят:

- производительность устройства (единица измерения — куб. м/ч);
- стоимость очистки воздуха (руб.);
- энергоемкость, измеряется как расход электроэнергии, требуемый на очистку 1000 куб. м воздуха (кВт*ч);
- скорость фильтрации (куб. м/кв. м);
- аэродинамическое сопротивление (Па);

- пылеёмкость (измеряется только для матерчатых и пористых фильтров), — количество пыли, повышающее сопротивление фильтра до определенной пороговой величины (г или кг).

Последние три показателя характеризуют главным образом фильтрующие устройства. Скорость фильтрации (ее еще называют нагрузкой по газу) рассчитывается, как отношение объемного расхода очищаемого газа к площади фильтрующей поверхности.

Аэродинамическое сопротивление определяется как разность давлений газа на входе и на выходе в очистное устройство. А пылеёмкость равна массе пыли, которая накапливается на фильтре в промежутке между очередными процессами регенерации.

Регенерацию фильтра следует проводить, когда аэродинамическое сопротивление очистного устройства возрастает в 2-3 раза от начального уровня.

Методов и подходов к удалению пылевых, газовых и комплексных химических включений разработано множество. Но важнейшим критерием в достижении высокой эффективности работы систем воздухоочистки является правильный выбор ключевого аппарата, на который ляжет основная нагрузка по обеспечению чистоты газовой фазы.

Как правило, загрязнители стабильны в рамках каждого индустриального участка. Это позволяет быстро и правильно выбрать рациональный способ нейтрализации нежелательных или вредных газопылевых включений.



Образование микродисперсной металлической пыли в результате сварки

Но бывает и так, что предприятие периодически переналаживается под различные процессы или же характер загрязнений нестабилен – в этом случае к дезактивации пылевых или газообразных включений следует подходить более внимательно. Оптимальным сценарием для таких ситуаций будет установка гибкой многоступенчатой системы.

Бытовые, коммерческие и промышленные кондиционеры

Кондиционирование очень распространено во всех сферах человеческой жизни; в основном приложении оно преследует цель сохранения определенной температуры и влажности.

В большинстве случаев системы кондиционирования служат для обеспечения комфорта посетителей, офисных сотрудников, рабочего персонала, но нередко используются они и для сохранения работоспособности точных и чувствительных к перепадам влажности и температуры изделий и приборов – компьютерных серверов, дорогих музыкальных инструментов, музейных экспонатов, лабораторных биологических реагентов, экзотических животных, растений.

Конечно же, многие производители озаботились и внедрением в свою продукцию и воздухоочистных подсистем.



Наружный блок промышленного центрального кондиционера

Впрочем, само название «кондиционер» указывает на то, что *очистка* сильно загрязненного воздуха, вентиляция и аспирация больших объемов среды – не приоритетная задача для этих устройств, чья основная цель – деликатное поддержание комфортных условий для жизни и работы.

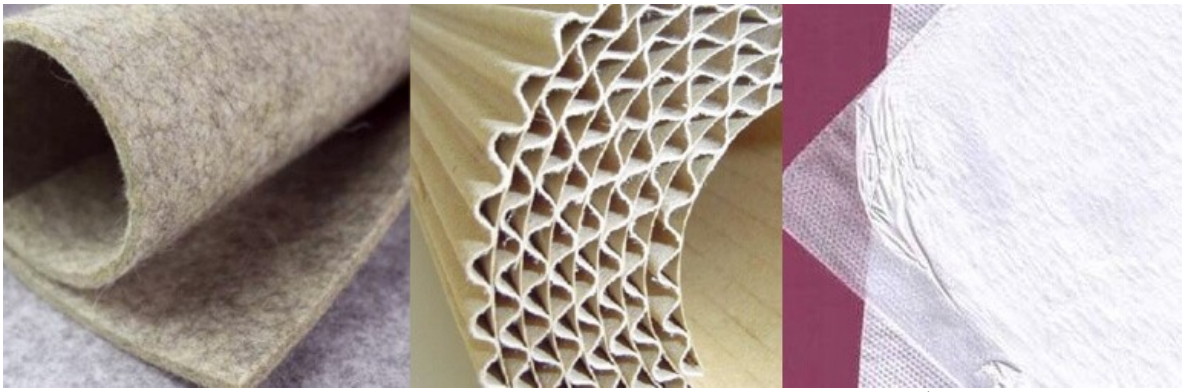
Более того, использование таких устройств для промышленной дезактивации, а тем более – утилизации – концентрированных пылей и токсичных газов невозможно и нерационально экономически.

Стоимость одной современной мультисплит-системы, рассчитанной на 50 квадратных метров площади, сопоставима с ценой скруббера или абсорбера, который способен обрабатывать на порядки высшие объемы и концентрации загрязнителя.

Тканевые и волоконные фильтры

Широкой номенклатурой в современной промышленности представлены и волоконные фильтры. Под этим названием может скрываться как натуральное волокно (ватин, войлок), так и искусственный текстиль (вискоза, картон, бумага, СпанДжет, Термопол, Air-Laid paper), полученный методом ткачества, химического, термического, механического или комбинированного синтеза.

Волокна, в свою очередь, «упаковываются» в разные форм-факторы: это могут быть рукава, рулоны, полотна, кассеты, мембраны, картриджи, сетки-вязанки, гофры-гармошки, ячейки, решетки, жалюзи и многие другие.



Фильтроматериалы: слева направо – войлок, гофрированный картон, бумага Air Laid

Показывая очень хорошую эффективность в захвате механического партикулята (каменная, древесная, металлическая и иная неслипающаяся пыль, сухая зола, сажа, копоть, пески, стройсмеси, микростружка), волоконные фильтра откровенно плохо отрабатывают в разрезе нейтрализации ядовитых

газов и веществ экстремальной реакционности, (некоторые из которых способны реагировать с материалом самого фильтра).

Среди других недостатков фильтроволоконных систем – ограниченный срок службы, сложность эксплуатации, громоздкость конструкций, плохой КПД в процессинге аэрозолей, паров и туманов (текстиль «замазывается»), возможность разрыва ткани, высокое пневматическое сопротивление, часто – необходимость установки предфильтров, сложные и капризные системы саморегенерации.

Некоторые абсолютные фильтры ФАО волоконного типа показывают великолепные результаты в захвате субмикронных частиц, но, как правило, при концентрациях поллютанта не выше 0,001 мг / $м^3$ воздуха.

Циклонные пылеуловители

Циклоны – простые и универсальные фильтры – «рабочие лошадки» в стойле газоочистных «скакунов».

Вихревые ротационные циклоны используются практически во всех сферах промышленности в качестве предфильтров грубой очистки воздуха. Хорошо показывают они себя в роли устройств для улавливания средне- и крупнодисперсного механического партикулята – древесной пыли, металлической стружки, каменных, песочных включений, продуктов молотьбы зерна и других неслипающихся строительных и пищевых отходов.

Если захватываемое вещество обладает абразивными свойствами, внутренняя поверхность рабочей камеры циклоны обязательно подлежит футерованию абразивостойким композитом (или сменной втулкой).

Циклоны – еще их называют *сепараторами* – неспособны на процессинг потоков с липкими, вязкими, и цементирующимися пылями. Для повышения общей производительности пылеулавливающей системы на базе циклонов, последние могут быть параллельно объединены в т.н. *батареи* – как на уровне Заказчика (посредством воздуховодов), так и заранее, на уровне Изготовителя (в едином мультициклонном корпусе).



Мультициклонная батарея

Адсорбционные фильтры сухого действия

Адсорберы демонстрируют высочайший КПД в улавливании газовых поллютантов, особенно – с экстремальной химической / коррозионной активностью.

Широкий выбор доступных на рынке сухих адсорбентов (активированный уголь, силикагель, алюмосиликаты, полимеры, керамика) позволяет осуществлять тонкую санитарную очистку среды от таких газов как диоксид серы SO_2, двуокись азота NO_2, сероводород H_2S, хлор Cl, хлороводород HCl, фтороводород HF (и другие галогены и галогениды).

Важно понимать, что адсорбционные блоки – несмотря на практически абсолютную степень тонкой, санитарно-гигиенической газоочистки (и способность к десорбции) – не универсальные устройства.

Индустриальные адсорбционные модули, заполненные сухим фильтрующим субстратом, не предназначены для обработки влажных и / или запыленных потоков. Поэтому, в случае присутствия в газопотоке влажного аэрозоля, тумана или пара, а также пылевых частиц, необходима установка вверх по цепи системы сухого или мокрого обеспыливающего аппарата (циклона, трубы Вентури, гидроциклона) и / или воздушного дегидратора или газоосушителя.



Типы и формы адсорбентов

Мокрые скрубберы и абсорберы насадочного и безнасадочного типов

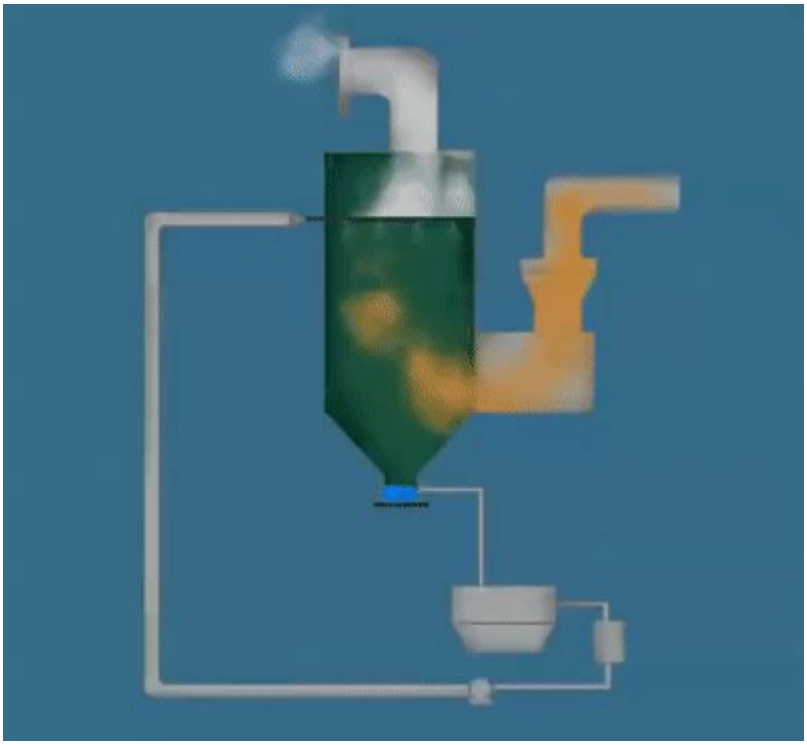
Одну из верхних ступеней на пьедестале пылегазоуловителей занимают мокрые скрубберы и абсорберы.

Главной особенностью систем фильтрации газов или воздуха на базе абсорберов и скрубберов является их повышенная гибкость, достигаемая за счет способности влажных сорберов одновременно тонко улавливать, как пыльные, так и газообразные, и дымовые (горячие), и насыщенные аэрозольные, и химически реактивные выбросы.

Несмотря на то, что часто разграничения между скрубберами и абсорберами не проводится, хотелось бы ясно очертить их основные типы и направления промышленности, в которых их использование максимально обосновано и экономически выгодно.

Гидроциклон (полый скруббер / орошаемый циклонный пылеуловитель)

Гидроциклон, как следует из названия, представляет собой мокрую «версию» сухого вихревого пылеуловителя: поток вводится в колонну тангенциально вертикальной оси рабочей камеры (и немного под углом относительно оси входного патрубка).



принципиальная схема работы полого гидроциклона

Рабочий отсек орошается форсуночным блоком, что – в отличие от сухого сепаратора – создает дополнительный адгезионный слой в виде капельной завесы и микропленочного слоя жидкости, покрывающего внутренние стенки гидроциклона.

- КПД в отношении пылегазоулавливания такого комбинированного жидкостно-вихревого подхода значительно выше, чем у сухих моделей.
- Помимо прочего, полые скрубберы способны к некоторому первичному охлаждению входящей струи (например, топочного, доменного или печного газа).
- Разнообразие доступных жидких активных сорбентов позволяет данному типу оборудования демонстрировать незначительные признаки пылегазоуловителей химического действия.
- Отсутствие какой-либо преграды для потока в рабочей камере обеспечивает практически нулевое пневмогидравлическое сопротивление агрегатов.

Среди минусов таких устройств – низкий КПД в обработке липких частиц: происходит их налипание на внутренние стенки камеры, что требует частой чистки аппарата.

Трубки Вентури

Газопоток способен разгоняться в конусе Вентури до десятков и сотен метров в секунду, что, в отличие от гидроциклона, позволяет устройствам, (помимо прочего), с легкостью обрабатывать струи, обильно загрязненные липкими, густыми и вязкими веществами: крахмалом, клеями, мастиками, строительными смесями, сладкими сиропами, эмульсиями, суспензиями и нерегулярными коллоидными растворами.

Тарельчатые пенные абсорберы

Пенные фильтры являются «продолжателями» гидроциклонов, где капельная водяная завеса трансформирована в плотный слой нестабильной пены, эффективно захватывающий газообразные и – в меньшей степени – механические загрязнители.

Жидкий реагент автоматически вспенивается воздухопотоком на перфорированных опорных тарелках, поверх которых он распыляется форсуночным блоком. Противоточный вентилятор, установленный в верхней части башни, способствует сохранению плотности пенистого слоя, уравновешивая силу входящего потока. Процесс также известен под термином французского происхождения «барботаж» (фр. *barbotage*).

Пузырьки пены очень тонки, поэтому не могут задерживать средне- и крупнодисперсную пыль, но в отношении дымов, паров, туманов и токсических аэрозолей показывают предельную, ≈ 100% эффективность.

Барботажные фильтры – великолепное решение для организации систем очистки воздушной среды на предприятиях энергетического сектора, гальваники, в типографиях и ЦБК, пищепроме, фармацевтике, химии, нефтехимии.

Абсорбционные колонны со стационарным слоем

Абсорберы со стационарным слоем демонстрируют максимальную результативность в извлечении из загрязненного воздуха широчайшего спектра опасных или нежелательных, химически активных компонентов газовой, паровой, дымовой и аэрозольной природы.

Лишенные недостатков пенных аппаратов, абсорберные башни (или – реже – их *горизонтальные* исполнения) также способны на задержание мелкодисперсного партикулята > 15 микрометров.

Nota Bene: насадочные аппараты относятся, прежде всего, к химическим установкам, поэтому высокая концентрация пыли может значительно сокращать периоды между техническими обслуживаниями.

Основным функтором установки служит т.н. *насадка* – массив регулярно или хаотично (валом) уложенных тел определенной геометрической формы с обширной поверхностью при малом объеме (поверхность насадки может достигать сотен квадратных метров на кубический метр наполнителя).

Среди наиболее распространенных насадочных тел: кольца Палля, кольца Рашига (и т.н. СуперРашиг), спирали Левина, седла Intallox, хордовые, полухордовые формы. Материал наполнителя также может варьировать: чистые металлы, сплавы, полипропилен, металлизированные полимеры и др.



Насадочные тела

Принцип действия абсорберов со стационарным (неподвижным) слоем заключается в таком прохождении газовой фазы через насадку, при котором

происходит многократное соприкосновение поллютантов с жидкостным микропленочным слоем, образующимся на телах в результате реагентного форсуночного орошения.

При каждом контакте загрязнителя и пленки жидкости (воды или химагента) имеет место физиосорбционный или хемоморбционный контакт, который в итоге выливается в общий КПД очистки, стремящийся к **99-100%.**

Скрубберные системы с кипящим (псевдоожиженным слоем)

Ярчайшей звездой плеяды комбинированных пылегазоуловителей являются скрубберы с псевдоожиженным слоем (*floating bed scrubbers, FBS*).

Эти агрегаты демонстрируют предельную результативность в одновременном захвате как широкодисперсных механических включений, так и опасных для Человека и производственной инфраструктуры, газовых поллютантов, в том числе – высокотемпературных. Это делает модельный ряд «ШВ» особенно привлекательным для энергетического сектора современной промышленности.

Системы золо- дымо- и воздухоочистки, изготовленные на базе FBS-скрубберов обладают как минимум 10-ю следующими преимуществами:

1. Уникальная запатентованная конструкция, совершенствующаяся более 30 лет.
2. Любые сферы применения: АБЗ, ТЭЦ, ТЭС, котельные, коксовые / доменные печи, сжигание нефтешламов и нефтепродуктов, ТБО, морские суда, черная и цветная металлургия, нефтехимия, агропром.
3. Одновременный захват газопылевых конденсатов: туманы, аэрозоли, дым, копоть, сажа, зола, оксиды серы, оксиды азота, бензпирен, кетоны, хлороводород, альдегиды, ароматические углеводороды, фенолы, бензолы, ксилол, аммиак, растворители, эфиры, спирты, кислоты, щелочи, краска, неприятные химические запахи. На выходе всегда – чистый белый пар**.**
4. Подвижность слоя наполнителя (полипропиленовые полые шарики) в рабочей камере обеспечивает самоочищаемость фильтра, что драматически увеличивает межобслуживающие интервалы.

5. Низкое пневмогидравлическое сопротивление и, как результат, – простота внедрения аппаратов в любых производственных условиях.

6. Производительность по воздуху / газу (одинарный аппарат) – до 60 000 $м^3$ и выше. Любые размеры и ориентации. Возможность комбинации в многоступенчатые комплексы. Обработка горячих сред – до 400 градусов Цельсия и выше.

7. Соблюдение ПДК по российским и международным нормативам: ГОСТ, СанПин, ГН, ISO, ECAS.

8. Возможность организации автономных систем очистки воздуха. Универсальность и гибкость, возможность быстрой перенастройки на другие режимы / загрязнители.

9. Индивидуальный подбор абсорбента позволяет получать экономически ценные шламы.

10. Низкие капитальные (CAPEX) и операционные (OPEX) затраты. Высочайшая рациональность внедрения и быстрая окупаемость даже на предприятиях среднего и малого масштаба. Длительная гарантия производителя. Индивидуальный, отцовский подход к созданию каждого газопромывателя.

ГЛАВА 3. РЕШЕНИЕ ВОПРОСА ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ

3.1Удаление пыли на предприятии.

Наиболее действенным и радикальным методом очистки от металлической пыли считается совершенствование технологических процессов. Оно заключается в установке новейшего оборудования, способствующего уменьшению вредных выбросов в процессе обработки и транспортировки материала. К мероприятиям, способствующим очистке воздуха, также можно отнести:

- совершенствование процесса спекания шихты на агломерационных фабриках;
- увлажнение пылящих элементов;
- замена абразивной методики обработки сырья на огненную;
- использование транспорта закрытого вида (например, пневмотранспорта) для перевозки пылящих веществ и прочее.

3.2Очистка воздуха в цеху.

Существенно понизить либо полностью устранить попадание пыли в атмосферу может герметизация пылепроизводящих станков и оборудования. Но обеспечить ее необходимо на протяжении всего производственного цикла.

Наиболее действенным способом очистки воздуха от пылевых загрязнений является гидрообеспыливание. [18]Данный метод широко применяется в металлургическом производстве для уменьшения пылевых выбросов из доменных цехов и агломерационных фабрик. Суть обеспыливания заключается в установке водораспыляющих форсунок на источниках образования пыли.

Еще одним проверенным средством избавления от вредных частиц считается обеспыливающая вентиляция. На кожух-укрытие либо пылящий агрегат монтируется местный отсос, отводящий пылевые потоки от рабочей зоны. Эксплуатация вентиляционных систем обеспылевания допускается только после проверки ее эффективности. Для технического обслуживания таких установок необходимо привлекать квалифицированных специалистов. До выброса в атмосферу из

загрязненного воздуха удаляется металлическая пыль в специальных установках.

Очистить запыленный воздух от загрязнений можно следующими методами:

- посредством сухой очистки в пылеосадительных камерах, циклонах, мультициклонах, инерционных и матерчатых фильтрах;
- с помощью мокрой очистки в устройствах и скрубберах различных типов;
- электрической очисткой в сухих и мокрых электрофильтрах;
- ультразвуковыми очистителями.

В некоторых случаях не обойтись без изоляции пыльных рабочих зон от остальных цехов. Отделить такие зоны можно посредством обустройства перегородок либо установкой специальных кожухов-кабин на пылящие агрегаты.

В особо пыльных помещениях, которые проблематично очистить от загрязнений, рекомендуется обустроить местные зоны с подачей чистого воздуха через трубопроводы большого сечения. Скорость выдачи воздушного потока не должна превышать 0,3-0,5 м/сек.

Очистить стены, полы и поверхность оборудования от металлических частиц можно с помощью воды. Иногда на производстве используются пылесосы.

Если показатели запыленности воздуха высоки, то при уборке помещений следует пользоваться такими средствами защиты, как респираторы шлангового типа, которые обеспечивают подачу чистого воздуха из окружающей среды.

3.3Разработка комплексных мероприятий для снижения загрязнения воздуха в помещении.

Проблема предупреждения выделения вредностей, их локализации и обезвреживания, утилизации отходов является особенно острой на производстве по обработке металла. Проблемы очистки и повышение качества воздуха в цехах по обработке – это проблема всех производственных предприятий.

В связи с этим целесообразен комплекс необходимых мероприятий для повышения качества воздуха в помещении. Данные мероприятия должны обеспечивать сокращение концентраций загрязняющих вредных веществ.

Таблица 3.1 − Комплекс необходимых мер для снижения загрязнения атмосферного воздуха

№ п/п	Наименование мероприятий	Ожидаемое улучшение
1	Установить новое пылеулавливающее оборудование	Снижение концентрации пыли
2	Увеличить эффективность очистки циклонов	Снижение концентрации пыли
3	Установить обеспыливающее оборудование на участке мехобработки	Снижение концентрации вредных веществ
4	Оборудовать специальне место для хранения химических реагентов	Снижение негативного воздействия на окружающую среду
5	Оборудовать устройствами местной вытяжной вентиляцией шлифовальные станки	Снижение концентрации пыли

Для этих целей необходимо применить целый комплекс мероприятий, направленный на использование:

1. для очистки от пыли – искрогасителей, сухих и мокрых пылеуловителей, электростатических пылеуловителей, скрубберов (вагранки), тканевых фильтров;
2. для дожигания ваграночных газов – рекуператоры системы очистки газов, установки низкотемпературного окисления СО;
3. для уменьшения выделения вредностей формовочных и стержневых смесей – снижение расхода связующего, окисляющие, связующие и адсорбирующие добавки;
4. для обеззараживания отвалов – устройство полигонов, биологическая рекультивация, покрытие изоляционным слоем, закрепление грунтов и т. д.;
5. для очистки сточных вод – механические, физико-химические и биологические методы очистки.

Все эти мероприятия связаны со значительными затратами. Очевидно, следует, на предприятиях прежде всего, бороться не с последствиями поражения вредностями, а с причинами их возникновения. Экологическое сознание определяет выбор вариантов технологий, строительства предприятий и использования природных ресурсов, экологическую культуру граждан.

Основными приоритетными направлениями в работе над снижением негативного воздействия на окружающую среду и уменьшения рисков в области безопасности и здоровья работников предприятий по обработке металла необходимо:

1. продолжить работы по внедрению экологически чистых технологий и оборудования, экологически эффективных проектов, технических инноваций в сочетании с социальной корпоративной ответственностью;
2. продолжить работы по дальнейшему проведению экспертной оценки новой техники, технологий, материалов, реагентов и контрактов с учетом экологических требований, предъявляемых к ним, проведению диагностики, капитального ремонта, модернизации, технического перевооружения на основе ресурсосберегающих и малоотходных технологий, реконструкции производственных объектов.

С целью предотвращения возникновения аварийных ситуаций на объектах и своевременного обнаружения, принятия действенных мер по ликвидации аварий предусматривается ряд мер:

1. регулярная диагностика оборудования;
2. техническое обслуживание;
3. ремонтно-профилактические работы;
4. воздушное и наземное патрулирование трубопровода;
5. постоянная готовность аварийно - восстановительной бригады;
6. оснащение ремонтной бригады современным оборудованием и техникой;

7. разработка плана-схемы ликвидации аварии;
8. обучение персонала, тренировочных занятий;
9. административные (назначения ответственных лиц, приказы, поощрения и прочее).

В результате исследования предприятий по обработке металла, для предотвращения попадания вредных веществ в организм работников, необходима установка новых пылеулавливающих аппаратов.

Одной из причин негативного влияния на состояние атмосферного воздуха в обрабатывающем производстве является неудовлетворительная работа пылегазоочистного оборудования. Это происходит вследствие недостаточно эффективной работы установок, износа оборудования, а во многих случаях его полного отсутствия. В связи с чем, очевидна актуальность работ, направленных на совершенствование уже известных конструкций пылеуловителей и создание принципиально новых, отличающихся простотой изготовления и эксплуатации, надежной работоспособностью, компактностью, низкой металлоемкостью, небольшим аэродинамическим сопротивлением и высокой эффективностью.

Проанализировав и изучив современные средства и методы обеспечения производственной безопасности предприятий рекомендуется установить на производстве электрофильтры. В случае правильного подобранного оборудования можно достичь не только снижения негативного влияния пыли на организм работников, но и значительно увеличить производительность в предприятиях данного направления.

3.4Конструкции и виды электрофильтров.

Аппараты для очистки газов этим методом называют электрофильтрами. Основными элементами электрофильтров являются: газоплотный корпус с размещенными в нем коронирующими электродами, к которым подводится выпрямленный ток высокого напряжения, и осадительными заземленными электродами, изоляторы электродов, устройства для равномерного распределения

потока по сечению электрофильтра, бункера для сбора уловленных частиц, системы регенерации электродов и электропитания. [17]

Конструктивно электрофильтры могут быть с корпусом прямоугольной или цилиндрической формы. Внутри корпусов смонтированы осадительные и коронирующие электроды, а также механизмы встряхивания электродов, изоляторные узлы, газораспределительные устройства.

Часть электрофильтра, в которой размещены электроды, называют активной зоной (реже - активным объемом). В зависимости от числа активных зон известны электрофильтры однозонные и двухзонные. В однозонных электрофильтрах коронирующие и осадительные электроды в пространственном отношении, конструктивно не разделены, в двухзонных электрофильтрах имеется четкое разделение. Для санитарной очистки запыленных выбросов используют однозонные конструкции с размещением коронирующих и осадительных электродов в одном рабочем объеме. Двухзонные электрофильтры с раздельными зонами для ионизации и осаждения взвешенных частиц применяют в основном при очистке приточного воздуха. Связано это с тем, что в ионизационной зоне происходит выделение озона, поступление которого не допускается в воздух, подаваемый в помещения.

В зависимости от направления движения газа электрофильтры подразделяют на горизонтальные и вертикальные. Вертикальные аппараты занимают в плане значительно меньше места, но при прочих равных условиях коэффициенты очистки в них ниже. Активная длина поля вертикального электрофильтра совпадает с активной высотой его электродов.

По мере осаждения пыли на электродах понижается эффективность пылеулавливания. Во избежание этого явления и поддержания оптимальной эффективности электрофильтров электроды периодически очищают от пыли встряхиванием или промывкой. Соответственно электрофильтры подразделяются на сухие и мокрые.

К мокрым относят аппараты, улавливающие жидкие или значительно увлажненные твердые частицы, а также электрофильтры, электроды которых очищаются самотеком (конденсатом уловленного жидкого аэрозоля) или посредством смывки осевших частиц жидкостью. К сухим относят электрофильтры, улавливающие

сухие твердые частицы, которые удаляют с электродов посредством встряхивания через определенные промежутки времени.

Все мокрые электрофильтры, нашедшие применение в промышленности, имеют вертикальную компоновку. Сухие аппараты могут быть как вертикальными, так и горизонтальными. Преимущественное применение среди сухих электрофильтров имеют аппараты с горизонтальным ходом газа - горизонтальные многопольные аппараты, в которых очищаемый газ проходит последовательно через несколько электрических полей.

В зависимости от формы осадительных электродов известны электрофильтры трубчатые и пластинчатые (рис. 2). Трубчатые электрофильтры состоят из большого числа элементов, имеющих круглое или сотообразное сечение. По оси трубчатого элемента расположен коронирующий электрод. В пластинчатом электрофильтре имеется большое количество параллельных пластин. Между ними находятся натянутые коронирующие электроды.

Формы осадительных и коронирующих электродов могут быть самыми разнообразными. Коронирующие электроды могут набираться из тонких круглых или толстых шестигранных стержней, стальных пилообразных полос, профилированных лент с игольчатой выштамповкой. Иногда применяются и другие формы. Осадительные электроды сухих фильтров выполняют в виде профилированных пластин, желобов, реже - коробок с круглыми или сложными вырезами для лучшего удержания осажденной пыли от вторичного уноса. В мокрых электрофильтрах проблема вторичного уноса несущественна, поэтому электроды выполняют в виде наборов прутков и гладких пластин, что позволяет легко смывать осадок.

Электроды сухих фильтров встряхивают соударением или при помощи специальных ударно-молотковых механизмов. Соударения применяют в основном для встряхивания коробчатых электродов. Остальные типы коронирующих и осадительных электродов встряхивают ударами вращающихся молотковых механизмов по наковальням, прикрепленным к этим электродам.

Промывка электродов в мокрых электрофильтрах может производиться периодически или непрерывно. Для периодической промывки подают большое

количество воды или другой промывной жидкости на электроды (в активную зону) при отключенном напряжении. На время промывки секции подачу газа прекращают.

Переток неочищенного газа мимо активной зоны даже в небольшом количестве может заметно ухудшить степень очистки. В горизонтальных фильтрах неактивные зоны расположены над и под электродной системой (включая бункера), а также в промежутках между крайними осадительными электродами и корпусом. В вертикальных пластинчатых фильтрах неактивны промежутки между осадительными электродами и корпусом. В вертикальных трубчатых аппаратах неактивные зоны можно устранить полностью. В пластинчатых конструкциях зазоры необходимы для встряхивания электродов и соблюдения пробойных промежутков. Поэтому в таких электрофильтрах предусматривают клапаны (щитки), создающие лабиринтное уплотнение и снижающие перетоки газа.

Скорость очищаемого газа в активной зоне является одной из основных характеристик электрофильтра. Наибольшую величину электрического заряда частицы размером до 1 мкм получают за время нахождения в электрическом поле около 1 с. Скорость принимают в зависимости от конструкции электрофильтра. Так, в сухих электрофильтрах ее значение находится обычно в пределах 0,8…1,7 м/с. Должно быть обеспечено равномерное распределение скорости очищаемого газа по сечению аппарата. Для выравнивания скоростного поля в электрофильтре устанавливают решетки, направляющие лопатки, перфорированные пластины.

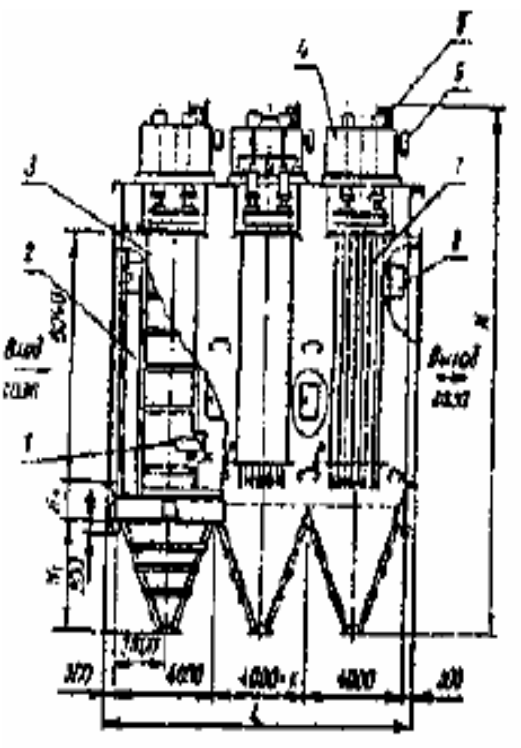
Широкое распространение в промышленности поручили электрофильтры типа УГ, ЭГА и др. Эти аппараты применяют на тепловых электростанциях, в черной и цветной металлургии, химической промышленности, на предприятиях строительных материалов.

Для промышленной газоочистки из аппаратов отечественного производства могут быть рекомендованы электрофильтры общего назначения типов ЭГА, ЭГТ (горизонтальные сухие), УВ, ЭВВ (вертикальные сухие), а также ряд специализированных типов электрофильтров.

Электрофильтры серии ЭГА предназначены для обеспыливания неагрессивных невзрывоопасных газовых выбросов с температурой до 330°С. Корпуса аппаратов стальные, имеют прямоугольную форму. Корпус аппарата стальной

теплоизолированный, имеет прямоугольную форму и рассчитан на разрежение до 4 кПа, в аппарате имеется 3 электрических поля, расположенных последовательно по ходу газа. Осадительные электроды представляют собой плоские полотна, набранные из прутков, а коронирующие - проволочные (диаметр проволоки 2,2 мм), натянутые при помощи грузов между осадительными. Длина одного активного поля 2,5 м, ширина 5,97 м (ширина корпуса 6,0 м), высота 7,74 м, расстояние между соседними осадительными электродами 260 мм. Уловленная пыль удаляется с электродов механическим встряхиванием посредством ударов молотков по наковальням осадительных и рамам подвеса коронирующих электродов.

Электрофильтры серии ЭГТ (рис. 3) предназначены для очистки неагрессивных, невзрывоопасных газов с температурой до 450°С. Их основное отличие от аппаратов предыдущих серий заключается в конструкции осадительных электродов, которые аналогичны применяемым в электрофильтрах серии ЭГА. Высота коронирующих электродов 8040 мм. Корпус аппарата рассчитан на разрежение до 4 кПа. Маркировка электрофильтров серии ЭГТ означает: электрофильтр горизонтальный высокотемпературный; первое число после букв указывает номер (габарит) типоразмерного ряда; второе - количество полей, третье - длину одного поля, м; четвертое - площадь активного сечения, м2.



Электрофильтры типа ЭГТ: Э - электрофильтр; Г - горизонтальный; Т – высокотемпературный.

Рис. 3.1 - Электрофильтр типа ЭГТ:

1 - механизм встряхивания осадительных электродов; 2 - корпус; 3 - осадительный электрод; 4 - изоляторная коробка; 5 - механизм встряхивания коронирующих электродов; 6 - защитная коробка для подвода тока; 7 - коронирующий электрод; 8 – люк обслуживания.

Электрофильтры марки ЭГ2-2-4-37 СРК (рис. 4) предназначены для очистки газов содорегенерационных котлоагрегатов. Электрофильтры односекционные, с двумя последовательными по ходу газа электрическими полями. Коронирующие электроды представляют собой трубчатые рамы, в которых закреплены коронирующие элементы; осадительные электроды выполнены в виде плоских полотен, набранных из пластинчатых элементов специального профиля. Расстояние между соседними осадительными электродами 300 мм, высота электродов 7200 мм, ширина поля 6000 мм.

Маркировка электрофильтра означает: электрофильтр горизонтальный; первое число обозначает номер типоразмера (габарит) осадительного электрода, второе - количество полей, третье - активную длину поля, м; четвертое - площадь активного сечения, м2. Гидравлическое сопротивление фильтра 200 Па, разрежение в электрофильтре 3000 Па, пропускная способность по газу при скорости 1 м/с - 37 м3/с, температура очищаемых газов 130...250°С, ориентировачная степень очистки газов содорегенерационных котлоагрегатов 98%.

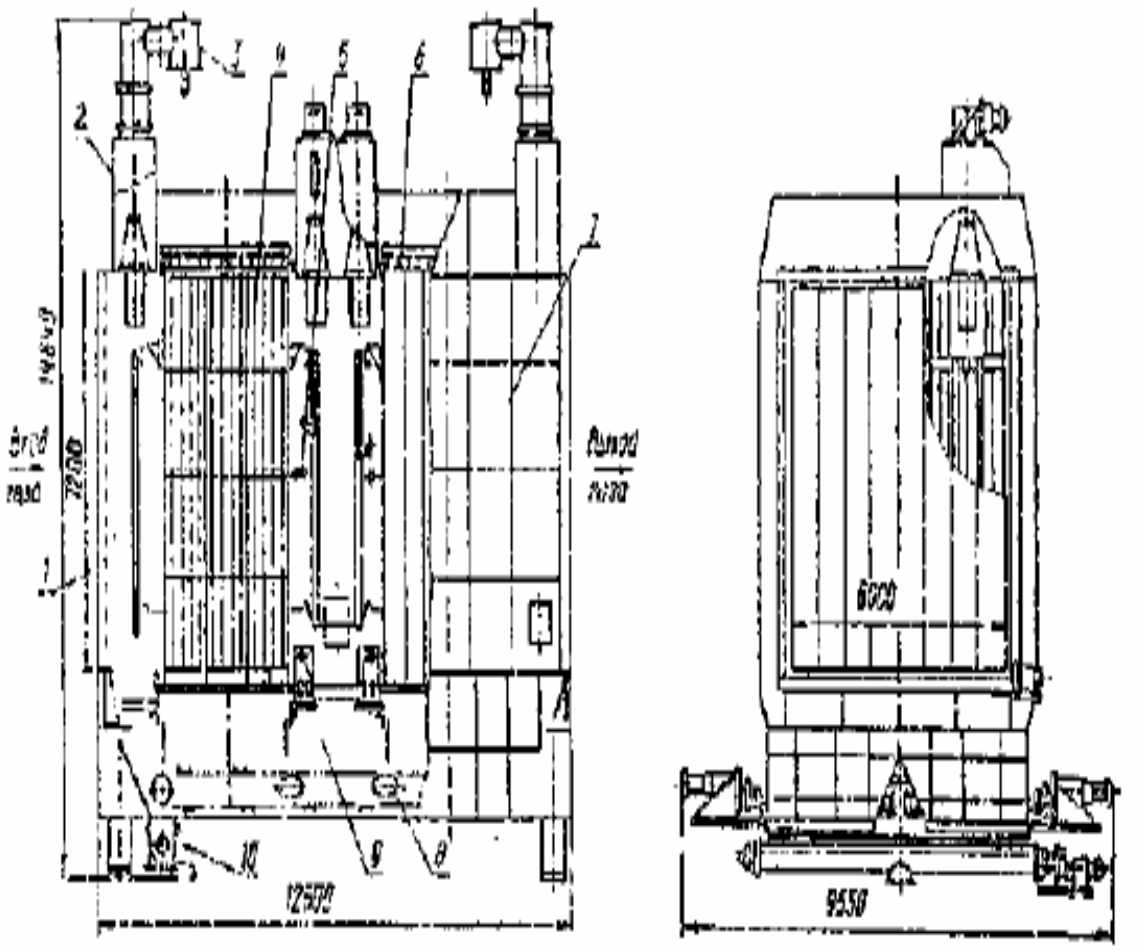


Рис. 3.2 - Электрофильтр ЭГ2 - 2 - 4 - 37 СРК: 1 - газораспределительная решетка; 2 - изоляторная коробка; 3 – защитная коробка для подвода тока; 4 - коронирующий электрод; 5 - механизм встряхивания коронирующих электродов; 6 - осадительный электрод; 7 - корпус; 8 - скребковый конвейер; 9 - механизм встряхивания осадительных электродов; 10 - шнековый конвейер.

Электрофильтры типа УГМ (рис. 5) используются для обеспыливания неагрессивных и невзрывоопасных технологических газовых выбросов с температурой до 250°С. Аппараты односекционные, с двумя электрическими полями по ходу газов. Корпуса электрофильтров прямоугольные, теплоизолированные, рассчитаны на разрежение до 4 кПа. Осадительные электроды представляют собой плоские полотна, набранные из пластинчатых элементов специального профиля. Расстояние между соседними осадительными электродами 275 мм. Коронирующие электроды составлены из ленточно-игольчатых элементов, натянутых в трубчатых рамах. Высота электродов 3000 мм, ширина корпуса 1500 мм (УГМ-2-3,5) и 3000 мм (УГМ-2-7). Пыль с электродов удаляется механическим встряхиванием. Маркировка

электрофильтров обозначает: унифицированный горизонтальный малогабаритный; первое число - количество полей, второе - площадь активного сечения, м2.

-

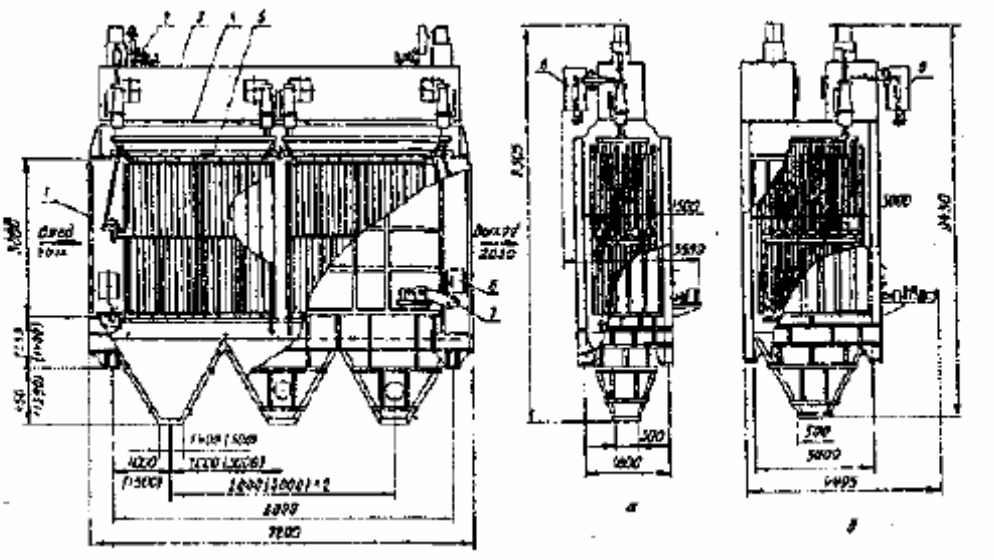


Рис. 3.3

Электрофильтры типа УГМ (исполнение корпуса - П): а - электрофильтр УГМ-2 - 3,5; б - электрофильтр УГМ-2 – 7; 1 -газораспределительная решетка; 2 - механизм встряхивания коронирующих электродов; 3 - корпус; 4 - осадительный электрод; 5 – коронирующий электрод; 6 - люк обслуживания; 7 - механизм встряхивания осадительных электродов; 8 - защитная коробка для подвода тока.

Вертикальные сухие электрофильтры типа УВ (рис. 7.6) могут применяться для обеспыливания неагрессивных и невзрывоопасных технологических газовых выбросов с температурой до 250°С. Электрофильтры однопольные, используются при низкой запыленности (до 30 г/м3), в пределах оптимальных значений удельного сопротивления пыли. В частности, они находят применение при очистке аспирационного воздуха электролизных цехов алюминиевых заводов.

Электрофильтры могут быть одно-, двух- или трехсекционными. Корпуса прямоугольные, теплоизолированные. Секции аппаратов разделены сплошными перегородками. Ширина секции аппаратов УВ 2×24 и УВ 3×24 составляет 6,1 м, остальных - 4,25 м. Движение газов в каждой секции организовано снизу вверх. Разрежение в аппарате до 3,5 кПа. Осадительные электроды выполнены в виде пластинчатых полотен. Расстояние между соседними осадительными электродами 275 мм. Коронирующие электроды представляют собой трубчатые рамы, в которых натянуты ленточно-зубчатые элементы. Активная длина поля (высота электродов) 7,5

м. Удаление пыли с электродов осуществляется встряхиванием. Маркировка электрофильтра означает: унифицированный вертикальный; первое число после букв - количество секций, второе – площадь активного сечения одной секции, м2.

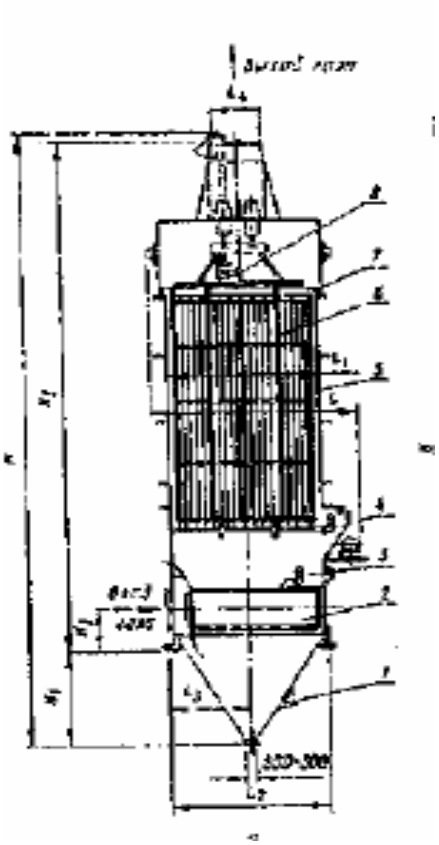


Рис. 3.4 - Электрофильтры типа УВ: 1 - люк обслуживания; 2 - газораспределитель; 3 – механизм встряхивания газораспределителя; 4 - механизм встряхивания осадительных электродов; 5 - корпус; 6 - коронирующий электрод; 7 – осадительный электрод; 8 - механизм встряхивания коронирующих электродов; 9 - защитная коробка для подвода тока.

Мокрые электрофильтры ЭВМ (рис. 7) предназначаются для улавливания туманов и капель серной кислоты с концентрацией (5...20) % об. В присутствии следов оксидов мышьяка, селена, соединений фтора. Электрофильтры выполняются вертикальными однопольными и односекционными. Корпус стальной цилиндрический, футеруется изнутри на месте монтажа кислотоупорными материалами.

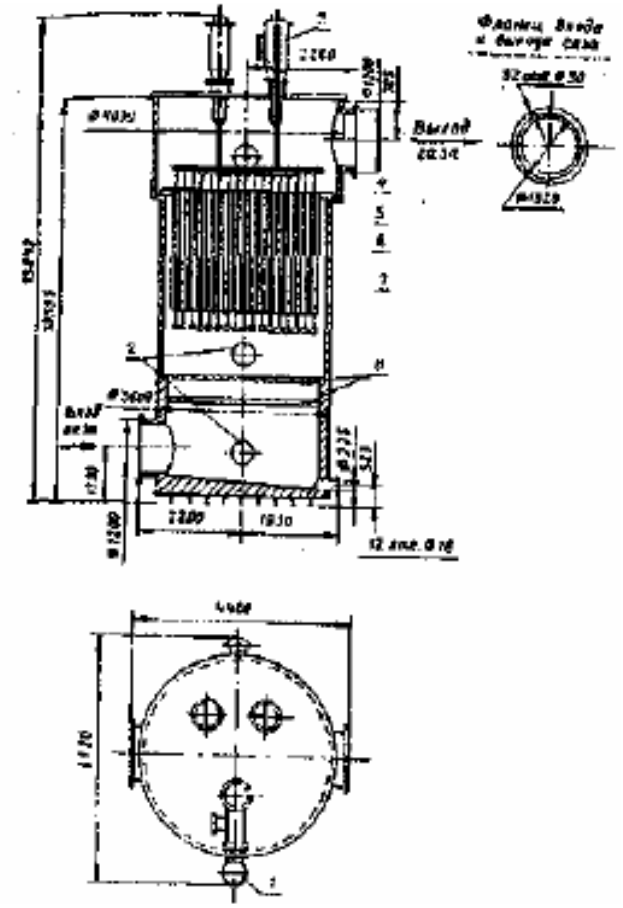


Рис. 3.5 - Мокрый электрофильтр типа ЭВМ: 1 - защитная коробка для подвода тока; 2 - люк обслуживания; 3 - изоляторная коробка; 4 - коронирующий электрод; 5 -осадительный электрод; 6 - корпус; 7 - футеровка корпуса; 8 - газораспределительная решетка.

Осадительные электроды выполнены из полимерных токопроводящих пластин, имеющих повышенную теплопроводность. Коронирующие электроды изготавливают из освинцованного провода. Маркировка электрофильтра означает: электрофильтр вертикальный мокрый.

Степень улавливания диспергированного вещества при концентрации на входе от 3 до 5% в пересчете на 100%-ю серную кислоту и двухступенчатой очистке достигает 99,7%. Допускается работа электрофильтра под разрежением до 6 кПа. Температура очищаемого газа 20...45°С. При скорости газового потока 1 м/с пропускная способность составляет 6,8 м3/с, а сопротивление аппарата - около 100 Па. Площадь активного сечения 6,8 м2, площадь осаждения 218 м2. Активная длина поля (высота электродов) 3,5 м, диаметр аппарата 3,6 м.

Комбинированные аппараты типа ЭФ-РФ: ЭФ - электрофильтр; РФ -рукавный фильтр.

Предназначены для очистки от пыли невзрывоопасных технологических газов и аспирационного воздуха с температурой до 170° С, разрежением до 15 кПа (1500 кгс/м2). Применяются на предприятиях энергетической промышленности, черной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов и в других отраслях. Они представляют собой последовательное включение горизонтального электрофильтра и рукавного фильтра в одном или в различных корпусах и могут использоваться для реконструкции действующих и строительства новых установок электрофильтров.

Комбинированные фильтры - это высокоэффективные аппараты и предназначены для очистки газа до остаточной запыленности до 20 мг/нм3.

При улавливании высокоомной пыли, приводящей к образованию обратной короны в электрофильтре, не требуется кондиционирование газа

3.5Свойства и особенности предложенного оборудования.

Очевидна актуальность научно-исследовательских работ, направленных на совершенствование уже известных конструкций пылеуловителей и создание принципиально новых, отличающихся простотой изготовления и эксплуатации, надежной работоспособностью, компактностью, низкой металлоемкостью, небольшим аэродинамическим сопротивлением и высокой эффективностью.

Анализируя объекты по обработке металла – производство, для очистки загрязняющих веществ, предлагается использовать пылегазоочистное оборудование сухие электрофильтры.

Отметим, что рекомендованные электрофильтры являются довольно широко известным типом аппаратом, который предназначен для очистки промышленных газов от твёрдых и жидких загрязняющих веществ, выделяющихся при различных технологических процессах.

Данные рекомендованные аппараты актуальны, так как электрофильтры широко применяются почти во всех отраслях народного хозяйства: теплоэнергетике, черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, в строительной индустрии, при

производстве удобрений и утилизации бытовых отходов. С каждым годом область применения электрофильтров непрерывно расширяется. Конечно, у электрофильтров есть свои преимущества и недостатки.

В таблице отразим преимущества и недостатки характерных свойств электрофильтров.

Таблица 3.2 − Характеристика преимуществ и недостатков электрофильтров

Наименование характерных свойств	
Преимущества	*Недостатки*
высокая степень очистки, доходящая до 99 %;	высокая чувствительность процесса фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров
невысокое газодинамического сопротивление аппарата - 150 - 200 Па;	высокая чувствительность даже к очень небольшим механическим дефектам в аппаратах
низкие энергетические затраты на улавливание частиц 0,3 - 1,8 МДж (0,1- 0,5 кВт. ч) на 1000 м^3 газа;	нельзя использовать для очистки взрывоопасных и пожароопасных веществ
возможность улавливания частиц широкого диапазона размером 0,1-100 мкм и менее;	габариты аппарата и высокая стоимость аппаратов
возможность очистки газов с высокой начальной запыленностью (до 50г/м3); возможность очистки газов с высокой температурой (до 500^{o}С); возможность работы аппаратов под давлением, под разряжением, а также в условиях воздействия сред; высокая производительность (до 1млн. м3/час и более); возможность полной автоматизации процесса.	высокие требования к квалификации обслуживающего персонала

Из таблицы 16 следует, что электрофильтры, не смотря на множество отклонений, имеют целый ряд преимуществ: низкие энергетические затраты, высокая степень очистки, возможность очистки газов с высокой температурой, автоматизация процессов и другие положительные характеристики. Рассмотрим устройство данных аппаратов. Установка для электрической очистки газов состоит из следующих аспектов:

- электрофильтра;
- агрегатов питания;
- систем транспорта уловленной пыли.

Электрофильтр (рис.9) состоит из металлического корпуса 1 с размещенными внутри него осадительными 2 и коронирующими 3 электродами. На входе в аппарат обычно устанавливается газораспределительное устройство 4, обеспечивающее равномерное распределение газов в активной зоне аппаратов.

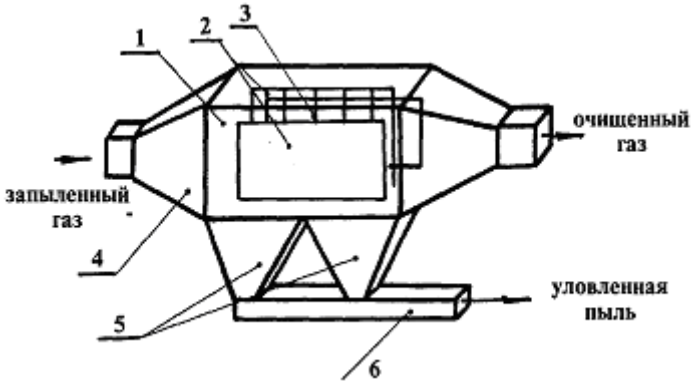


Рисунок 3 .6−Электрофильтр

В нижней части корпуса электрофильтра входит специальное устройство - бункер для сбора частиц 5 и удаления уловленных частиц - транспортер 6.

По расположению зон зарядки и осаждения:

1. Однозонные – осаждение и зарядка твердых частиц осуществляется в одной зоне (успешно применяют для очистки промышленных газов);

2. Двухзонные - осаждение и зарядка твердых частиц происходит раздельно в ионизаторе и осадителе (применяются в системах тонкой очистки воздуха в системах вентиляции и кондиционирования);

По способу удаления осажденных на электродах частиц:

1. Сухие;

2. Мокрые.

Рекомендуем для производства по металлобработке сухие электрофильтры. Рассмотрим устройство сухих электрофильтров.

В сухих электрофильтрах твердые частицы, находящиеся в воздухе, удаляются путем встряхивания с электродов, которые входят в фильтр. Встряхивание электродов происходит несколькими способами: встряхивание соударением, молотковое

встряхивание, применение ударно-импульсных систем и путем вибрационных действий. Основной недостаток метода встряхивания – это ускоренный износ конструкций электрофильтра. [14]

Очищенный газ в сухих электрофильтрах будет иметь температуру, превышающую точку росы во избежание конденсации влаги. Можно отметить, что при появлении влаги следует образование трудноудаляемого осадка и коррозия аппарата.

Аппараты могут применяться для улавливания тумана или капельной влаги из газового потока.

- по направлению движения газа в электрофильтре:

1.вертикальные;

2.горизонтальные;

- по числу последовательно установленных полей:

1.однопольные;

2.многопольные.

Наиболее используемый тип электрофильтра - это *многопольный горизонтальный фильтр*. В конструкции этого фильтра нескольких последовательно установленных полей, улучшают условия улавливания частиц и возможности поочередного встряхивания по полям.

Электроды, которые входят в состав фильтра - коронирующие и осадительные являются основным решающим элементом, влияющим на работу электрофильтра. Системы осадительных электродов выполняют двух типов:

- с пластинчатыми электродами;
- с трубчатыми электродами.

Осадительные электроды имеют гладкую поверхность (без острых углов) и полости, позволяющие встряхивать осевшую на них пыль и создавать повышенную напряженность поля. Высокое – рабочее напряжение электрофильтров может снизиться при присутствии в фильтрах острых углов.

Однако все это необходимо для надёжной работы фильтра в условиях повышенных температур и сильных вибраций.

Одним из основных недостатков плоских электродов – является резкое повышение вторичного уноса частиц при увеличении скорости выше 1 м/с, поэтому плоские осадительные электроды в сухих электрофильтрах рекомендуется применять при скорости газа не более 0,6—0,8 м/с.

Пластинчатые электроды могут быть листовые, прутковые, перфорированные, из профилированных элементов (рис.1).

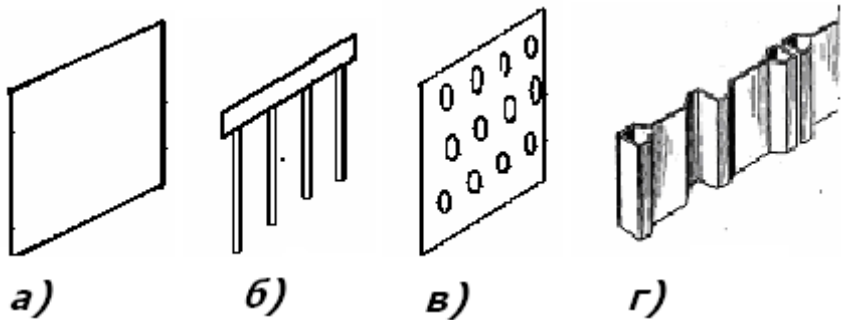


Рисунок 3.7 − Пластинчатые электроды:

а) -лист; б)-пруток; в)-перфорированный лист; г)-профиль

Трубчатые электроды, круглого сечения, произведены из специальных труб или в виде шестигранных фигурных элементов, похожих на соты.

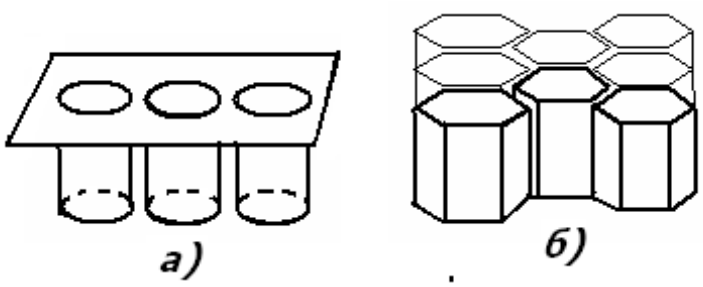


Рисунок 3.8 −Трубчатые электроды

Коронирующие электроды могут быть рамные (а) и свободно подвешенные (б), жесткие и нежесткие, с нефиксированными (гладкие) (в) и с фиксированными (г) точками разряда.

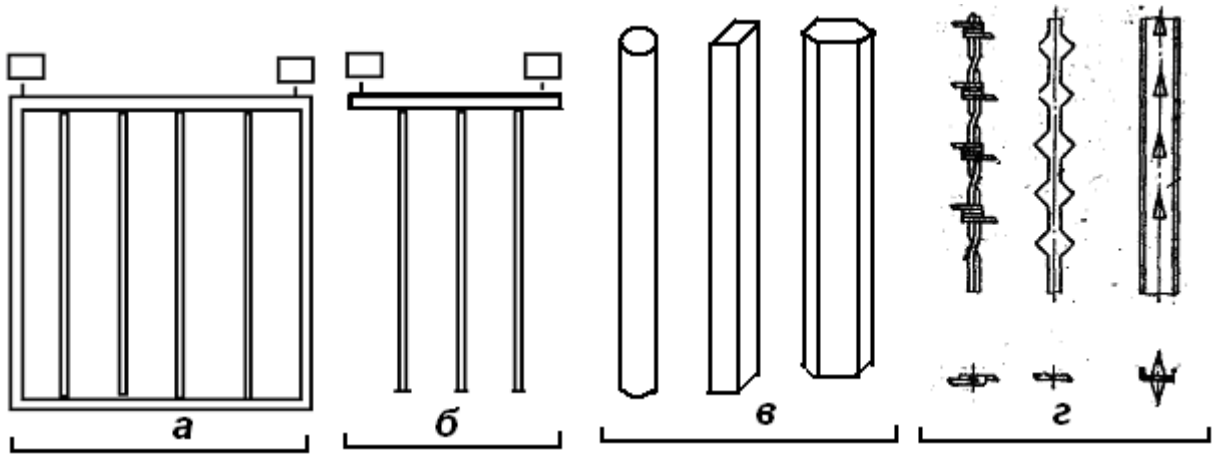


Рисунок 3.9 – Коронирующие электроды

Коронирующие электроды с фиксированными точками разряда снабжены иглами, на которых и возникает коронный разряд. Меняя размер шага игл и размер их высоту, можно получать определенное значение тока короны.

Изоляторы в электрофильтрах применяют для изолирования металлоконструкций от несущих частей ток, коронирующей системы и одновременно они выполняют роль несущих конструкций. Изоляторы электрофильтров работают в тяжелых условиях: запыленная среда, сконденсированные пары воды и кислот, высокие температуры, значительные механические и электродинамическим нагрузки.

Для надежной работы и защиты от воздействия среды изоляторы обычно устанавливают вне газового потока. В электрофильтрах используются кварцевые, фарфоровые, бумажно-бакелитовые, ситалловые (ситаллы – закристаллизованные стекла) изоляторы.

Отметим, что одно из главных условий надежной работы изоляторов и электрофильтров является поддержание температуры поверхности изоляторов выше точки росы во избежание выделения на них электропроводного конденсата. В сухих электрофильтрах изоляторы подогревают проходящими через электрофильтр дымовыми газами. В мокрых электрофильтрах применяют постоянный подогрев изоляторов.

Отметим, что при улавливании электропроводной пыли (уголь, сажа) необходимо исключить запыление поверхности электродов. Для этого их необходимо установить в специальные изоляторные коробки с наддувом чистого воздуха.

Бункеры электрофильтров служат для накопления уловленной пыли. Число бункеров определяют по производительности аппарата. Для удобства монтажа и

эксплуатации электрофильтра, как правило, каждое поле электрофильтра снабжают бункером.

Улавливаемая в электрофильтре частица получает электрический заряд и под действием сил электрического поля приобретает составляющую скорости в сторону осадительного электрода, которая называется скоростью дрейфа.

Чтобы осадить частицу на поверхность электрода необходимо обеспечить определенное соотношение между скоростью газа, скоростью дрейфа частицы и межэлектродным промежутком.

В сухих электрофильтрах на процесс очистки влияет вторичный унос осевших на электродах частиц и унос частиц при встряхивании электродов. Питание электрофильтров осуществляется постоянным током высокого напряжения (60-80 кВ).

Для преобразования переменного тока обычной частоты (50Гц) и низкого напряжения (380 в) рекомендуем в производстве использовать электрические агрегаты питания электрофильтров мощностью 20-150 квт. Каждый агрегат состоит из повысительного трансформатора, выпрямителя, регулятора напряжения и пульта управления.

Для повышения напряжения в электроагрегатах рекомендуем использовать специальные, в основном, однофазные трансформаторы, так как условия работы электрофильтров предъявляют особые требования к конструкции трансформатора – возможность длительно выдерживать электродинамические перегрузки, возникающие при пробоях в электрофильтрах. В связи с непрерывным изменением температуры, влажности, запыленности и других параметров газового потока электрический режим работы электрофильтров непрерывно изменяется.

Следует отметить, что незначительное снижение рабочего напряжения (на 1%) вызывает существенное уменьшение тока короны (на 5%), в результате чего снижается эффективность электрофильтра.

Максимально возможное напряжение на электродах в современных агрегатах питания поддерживается автоматически. При этом автоматический электрический режим работы электрофильтра осуществляется следующими методами:

- с поддержанием напряжения на границе дугового пробоя;
- по заданному числу искровых разрядов;

- по максимальному среднему напряжению на электродах.

Метод (а): напряжение на электродах автоматически плавно повышается до возникновения пробоя.

В момент пробоя напряжение отключается на 0,5÷3 или резко снижается до величины, обеспечивающей гашение дуги. За время отключения напряжение автоматически снижается на небольшую величину, так чтобы при повторном включении не возникало дугового разряда. Далее напряжение вновь плавно поднимается до наступления пробоя, после чего опять следует отключение, после чего цикл повторяется.

При таком периодическом способе регулирования большую часть времени электрофильтр работает в безыскровой зоне напряжения. В результате этого рабочее напряжение на электродах ниже максимально возможного уровня.

Метод (б). При работе в зоне искровых разрядов рабочее напряжение близко к максимально возможному и, следовательно, эффективность очистки наиболее высока. Установлено, что оптимальная величина напряжения определяется числом искровых разрядов в минуту. Наиболее выгодным является 40÷70 искровых разрядов в минуту. При большом числе искровых разрядов эффективность работы электрофильтра снижается из-за увеличения потерь мощности в режиме частых искровых пробоев.

Недостатком системы регулирования по числу искровых раз рядов является работа по заданному постоянному числу искровых разрядов. Однако оптимальная частота искровых разрядов меняется с изменением параметров газового потока и пробивной прочности разрядного промежутка, на которые система не реагирует.

С повышением первичного напряжения трансформатора среднее значение напряжения на электродах сначала линейно возрастает, достигает максимума, а затем начинает убывать за счет роста интенсивности искровых разрядов. Максимальное среднее напряжение на электродах соответствует оптимальному числу искровых разрядов в межэлектродных промежутках электрофильтра.

Поэтому поддержание на максимальном уровне значения среднего напряжения на электродах соответствует режиму работы электрофильтра при оптимальном числе

искровых разрядов. Оптимальное число искровых разрядов изменяется с изменением параметров газового потока в широких пределах.

В случае правильного подобранного оборудования можно достичь не только снижения негативного влияния пыли на организм работников, но и значительно увеличить производительность в предприятиях данного направления.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

При сравнении основных характеристик электрофильтров (табл. 4.1) разного способа очистки следует отметить, что сухой электрофильтр обладает большей производительностью, менее энергоемок, способен очищать воздух более загрязненный, чем мокрый электрофильтр. [3]

Таблица 4.1 − Технические характеристики сухого и мокрого электрофильтров

Технические характеристики электрофильтров	Сухой электрофильтр	Мокрый электрофильтр
Производительность по воздуху, тыс. м3/ч	36-950	18-36
Удельный расход электроэнергии на очистку 1000 м3/ч газа, Квт/ч	0,3	0,45
Допустимая входная концентрация пыли, г/м3	50	0,1
Предельная температура очищаемых газов, $_0$C	250	50
Гидравлическое сопротивление, Па	150	200
Эффективность очистки среды	До 99%	До 99%

Учитывая данные характеристики, для предприятия по обработке металлов предпочтительнее электрофильтр сухого способа очистки.

Таблица 4.2 – Экономические показатели

№ п/п	Показатель	Условные обозначения	Ед. из-мер.	Предлагаемый вариант
1	Цена доп.материалов и оборудования	Цм	руб./ед.	300
2	Норма расхода материала	Нр	ед. изм.	1
3	Коэф. транспортно-заготовительных расходов	Ктз	—	1,05
4	Часовая тарифная ставка	Сч	руб./час	85,7
5	Коэф. доплат к основной	Кд	—	1,5

	заработной плате			
6	Коэф. отчислений на дополнительную з/плату	Кдоп	%	10
7	Коэф. отчислений на социальные нужды	Ксс	%	30
8	Стоимость оборудования	Цоб	руб.	28000
9	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	10
10	Мощность установки	Му	кВт	1
11	Коэф. полезного действия	КПД	—	0,98
12	Стоимость электроэнергии	Цээ	руб./кВт	3
13	Стоимость содержания площади	Сэкспл	руб./м2	1700
14	Площадь, занимаемая оборудованием	S	м2	15
15	Коэф.учитывающий затраты на монтаж (демонтаж) оборудования	Кмонт	%	2
16	Нормативный коэф. экономической эффективности дополнительных кап. вложений	Ен	—	0,12
17	Срок службы изделия	Тб /Тпр	лет	30
18	Стоимость производственных площадей	Цпл	руб/м2	3000
19	Коэф. цеховых расходов	Кцех	%	250
20	Коэф. заводских расходов	Кзав	%	215
21	Коэф. внепроизводственных расходов	Квн	%	5
22	Срок окупаемости	$T_{ок}$	лет	9,3

Расчет фонда времени работы оборудования и количества оборудования. Номинальный годовой фонд времени работы оборудования:

$$F_н=(Д_р*T_{см}-Д_п*T_п)*C, \quad (4.1)$$

где

$Д_р$– количество рабочих дней в году (дн.);

$T_{см}$– продолжительность смены (час.);

$T_п$– количество часов, на которые сокращается смена в предпраздничные дни (час);

$Д_п$ – количество предпраздничных дней (дн.);

С – количество смен.

$F_н$= (247·8 _ 1·5)·3=5913 ч.

Количество рабочих и предпраздничных дней в году определяется для года выполнения работы.

Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$F_э = F_н\ (1 – В/100) \quad (4.2)$$

где В – плановые потери рабочего времени. При отсутствии принятого на предприятии значения оно принимается равным В = 7 %.

$F_э$ = 5913 (1 – 7/100) =5499 ч

Общие капитальные затраты:

Капитальные затраты рассчитываются как

$$K_{общ.пр} = K_{об.пр} + K_{пл.пр} + З_{соп.пр}, \quad (4.3)$$

где

$K_{об.пр}$ – капитальные вложения в оборудование (руб.);

$K_{пл.пр}$– капитальные вложения в дополнительные площади (руб.);

$З_{соп.пр}$– сопутствующие капитальные затраты (руб.).

$K_{общ.пр}$=29400+45000+560=74960 руб.

а) Капитальные вложения в оборудование

$$K_{об.пр}= n·C_{перв}\ ·K_{т-з}\ ·K_{зпр}, \quad (4.4)$$

где$C_{перв}$– стоимость приобретения нового оборудования (руб.);

$K_{т-з}$– коэффициент, учитывающий транспортно – заготовительные расходы на доставку оборудования (принимается 3 – 5 %);

$K_{зпр}$– коэффициент загрузки оборудования.

$K_{об.пр}$=1*28000*1,05*1 =29400 руб.

б) Капитальные вложения в дополнительные площади

$$K_{плпр} = Ц_{пл} \cdot (S_{пр} – S_{б})\ K_{зпр}, \quad (4.5)$$

где

$S_{пр}$–$S_{б}$дополнительная площадь (м2);

$Ц_{пл}$– стоимость производственной площади (руб./м2);

$K_{зпр}$– коэффициент загрузки;

$K_{плпр}$= 3000*15*1=45000 руб.,

в) Сопутствующие капитальные затраты

$З_{соп} = З_{дем} + З_{монт}$= 560 руб.,

где

$З_{дем}$– затраты на демонтаж старого оборудования (руб.);

$З_{монт}$– затраты на монтаж нового оборудования (руб.).

г) Затраты на монтаж нового оборудования

$$З_{монт} = n * C_{об.пр} * K_{монт} /100, \quad (4.6)$$

где

$K_{монт}$– коэффициент, учитывающий затраты на монтаж оборудования (%).

$З_{монт}$=1*28000*2/100=560 руб.

Удельные капитальные вложения:

$K_{уд} = K_{общ}/F_{э}$ = 74960/5499=13,6 руб.

Удельные капитальные вложения рассчитываются с учетом эффективного фонда рабочего времени.

Расчет эксплуатационных затрат

1. Затраты на вспомогательное оборудование: Согласно технологической документации для обслуживания сухого электрофильтра требуются 2 тележки для выгрузки уловленной пыли и отходов. Расчет затрат на вспомогательное оборудование и материалы ведется на основе технической документации, нормативных справочников и стандартов предприятия.

Затраты на основные:

$M_{осн} = Ц_м * Н_р$=2*300=600 руб

где $Ц_м$ – стоимость оборудования, (руб./шт.);

$Н_р$ – норма расхода (необходимое кол-во оборудования).

2. Фонд оплаты труда основных производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы:

а) Затраты на основную заработную плату:

$$З_{осн} = С_ч * t_{шт} * К_д = 85,7 * 1 * 1,5 = 128,55 \ \ руб$$

где $С_ч$ – часовая тарифная ставка, (руб./час);

$t_{шт}$ – норма штучного времени, (час);

$К_д$ – коэффициент доплат к основной заработной плате.

б) Затраты на дополнительную заработную плату

$$З_{доп} = З_{осн} * \frac{К_{доп}}{100} = 128,55 * 0,1 = 12,85 \ \ руб$$

где $К_{доп}$ – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой (%).

в) Фонд оплаты труда:

Фонд оплаты труда складывается из суммы основной и дополнительной заработной платы

$$Ф_{оп} = З_{осн} + З_{доп} \qquad (4.7)$$

где $З_{осн}$– основная заработная плата производственных рабочих, (руб.);

$З_{доп}$– дополнительная заработная плата производственных рабочих, (руб.).

$Ф_{оп}$= 128,55.+12,85=141,4 руб.,

Отчисления на социальные нужды:

$$О_{сс} = \frac{Ф_{от} * К_{ос}}{100} \qquad (4.8)$$

где $К_{ос}$– коэффициент отчислений на социальные нужды (%).

$$О_{сс} = \frac{141,4 * 30}{100} = 42,42 \ \ руб,$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

Затраты на амортизацию оборудования:

$$А_{об} = \frac{С_{перв} * Н_а * t_{маш} * n}{F_э * 100} \qquad (4.9)$$

где n – принятое число оборудования, (шт.);

H_a– норма амортизации данного оборудования;

$C_{перв}$ (Б,ПР) – стоимость оборудования первоначальная по базовому и проектному вариантам соответственно (руб.);

$t_{маш}$ – время работы установки, (час).

Расходы на электроэнергию:

где M_y – установленная мощность оборудования, (кВт);

КПД – коэффициент полезного действия установки (по паспортным данным оборудования);

ЦЭЭ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, (руб./кВт час);

n – количество станков, потребляющих электроэнергию (ед).

Установленная мощность установки указывается из паспортных данных оборудования или рассчитывается.

Итого затраты на эксплуатацию оборудования:

$З_{об}$= $A_{об}$ + Рэ-Э = 0,05 + 3,06 =3,11 руб.,

где $A_{об}$ – затраты на амортизацию оборудования, (руб.);

Рэ-Э – расходы на электроэнергию, (руб.).

3.Затраты на амортизацию, содержание и эксплуатацию производственных площадей:

Затраты на производственную площадь складываются из расходов на содержание и эксплуатацию, а также амортизационных отчислений на производственные площади, затраты на амортизацию производственных площадей

$$A_{пл} = \frac{Ц_{пл} * На_{пл} * S}{100 * F_{эф}} = \frac{3000 * 0{,}15 * 15}{549900} = 0{,}012 \ \ руб,$$

где$Ц_{пл}$ – стоимость приобретения площадей, (руб./м2);

$На_{пл}$ – амортизационные отчисления на эксплуатацию площадей, (%);

S – площадь, необходимая по техпроцессу, (м2).

Расходы на содержание и эксплуатацию площадей:

$$P_{пл.эксп.} = \frac{C_{эксп} * S}{F_э} = \frac{1700 * 15}{5499} = 4{,}64 \ \ руб,$$

где $C_{эксп}$ – стоимость эксплуатации производственной площади, (руб./м2).

Итого затраты на производственные площади:

$З_{пл}= A_{пл}+ P_{пл.эксп.}= 0{,}012+4{,}64 = 4{,}652$ руб,

где $A_{пл}$– амортизация производственных площадей, (руб.);

$P_{пл.эксп.}$- эксплуатационные расходы, (руб.).

Общие эксплуатационные затраты для установки определяются суммой всех рассчитанных статей затрат по вариантам.

$$C_{тех}= М + Ф_{от} + О_{с.с}+ З_{об}+З_{пл} \quad (4.10)$$

$C_{тех} = 600+141{,}4+42{,}42+3{,}11+4{,}652=791{,}58$ руб

Цеховые эксплуатационные затраты:

$$C_{цех}=C_{тех}+P_{цех} \quad (4.11)$$

$C_{цех} =791{,}58+321{,}3=1112{,}88$ руб;

где $P_{цех}$ – сумма цеховых расходов, (руб.).

$$P_{цех}=З_{осн}*\frac{K_{цех}}{100}=128{,}55*\frac{250}{100}=321{,}3 \ \ руб,$$

где $K_{цех}$ – коэффициент, учитывающий цеховые расходы (%).

$З_{осн}$ – основная заработная плата основных производственных рабочих, (руб.).

Заводские эксплуатационные затраты:

$$C_{зав}=C_{цех}+P_{зав} \quad (4.12)$$

$C_{зав}$ =1112,88+276,4=1388,28руб,

где $P_{зав}$ – сумма заводских расходов, (руб.).

$$P_{зав}=З_{осн}*\frac{K_{зав}}{100}=128{,}55*\frac{215}{100}=276{,}4 \ \ руб,$$

где $K_{зав}$ – коэффициент общезаводских расходов (%).

Полные эксплуатационные затраты:

$$C_{Полн}=C_{зав}+P_{вн} \quad (4.13)$$

$C_{Полн}$ =1388,28+69,4=1457,68 руб,

где $P_{вн}$ – уровень внепроизводственных расходов.

$$P_{вн}=C_{зав}*\frac{K_{вн}}{100}=1388{,}28*0{,}05=69{,}4;$$

где $K_{вн}$ – коэффициент внепроизводственных расходов (%)

Расчет экономической эффективности сухого электрофильтра показатель снижения эксплуатационных затрат:

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{тех.б} - C_{тех.пр}}{C_{тех.б}} * 100 = \frac{1183,82 - 791,58}{1183,82} * 100 = 34\,\%$$

Условно-годовая экономия, годовой экономический эффект в сфере производства:

$$Э_г = Э_{уг} - E_н * \Delta K = 8015,78 - 0,12 * 2 = 8015,54$$

$$Э_{уг} = C_{полн} * F_э = 1457,68 * 5499 = 8015,78$$

где Ен – нормативный коэффициент, учитывающий эффективность дополнительных капитальных вложений по техпроцессу.

Срок окупаемости капитальных вложений в разрабатываемую технологию

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}}{Э_г} = \frac{74960}{8015,54} = 9,3 \ \ лет$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности:

$$E_{ср} = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{9,3}$$

где: $T_{ок}$ - срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (лет).

Нормативный коэффициент эффективности для данного вида оборудования равен 0,1-0,14, он показывает, какая часть капитальных вложений в новую технику должна окупаться в течение года.

Если полученный расчетным методом коэффициент сравнительной экономической эффективности равен нормативному, то применение данного вида оборудования является эффективным. В данном случае Ecp расч = 0,1, то есть применение данного вида оборудования целесообразно. Таким образом, широкое применение электрофильтров для улавливания твердых и жидких частиц обусловлено их универсальностью и высокой степенью очистки при сравнительно низких энергозатратах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Роль качества воздуха в помещении по обработке металла сложно переоценить, оно жизненно необходимо для здоровья работников на предприятии.

В соответствие с поставленными задачами были получены следующие результаты:

1. Исследованы существующие на предприятиях системы вентиляции и очистки воздуха.
2. Проанализированы предельно-допустимые нормы вредных веществ в воздухе рабочей зоны на предприятиях по обработке металла.
3. Предложена система вентиляции, направленная на разбавление вредностей в воздухе рабочей зоны и существенного снижения значения концентрации пыли.

Применение электрофильтров на предприятиях по металлообработке целесообразно так как электрофильтры имеют целый ряд преимуществ: низкие энергетические затраты, высокую степень очистки, возможность очистки газов с высокой температурой, автоматизацию процессов, сравнительно низкую стоимость оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров, В.Н. Нормирование PM10 и PM2,5 как социальных стандартов качества в районах расположения предприятий стройиндустрии / В. Н. Азаров. – М.: Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы II Междунар. науч. конф., 15-19 сент. 2003 г., Волгоград. - Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. - С. 27-31.

2. Азаров, В. Н. О концентрации и дисперсном составе пыли в воздухе рабочих и обслуживаемых зон предприятий стройиндустрии / В. Н. Азаров. – М.: Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы II Междунар. науч. конф., 15-19 сент. 2003 г., Волгоград. - Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. - С. 27-31.

3. Богданов Н.Г. Расчёт электрических фильтров. – Пособие по курсовому и дипломному проектированию. / Н.Г. Богданов - Орел: ВИПС, 2015г.

4. ГН 2.2.5.1314 -03. Ориентировочные безопасные уровни воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

5. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

6. ГОСТ Р 12.0.006 – 02. ССБТ. Общие требования к управлению охраны труда.

7. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

8. ГОСТ 12.3.002 – 75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

9. ГОСТ 12.4.011 – 87 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

10.ГОСТ 12.4.115 – 82 ССБТ. Средства индивидуальной защиты работающих. Общие требования к маркировке.

11.Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности [Текст]: [учеб.по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для всех направлений подготовки и специальностей] / Н.Г. Занько, К.Р. Малаян, О.Н. Русака. – СПб., М., Краснодар: «Лань», 2010.- 671 с.: ил.

12.Куренкова Г.В. Пыль как вредный фактор производственной среды: учебное пособие / Г. В. Куренкова, Е. В. Жукова, Е. П. Лемешевская. – М.: ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России. – Иркутск: ИГМУ, 2015. – 88 с.

13.Лекомцев П.Л. Руководство по выполнению выпускных квалификационных работ на факультете энергетики и электрификации: методические указания / П.Л. Лекомцев, А.М. Ниязов, Н.П. Кондратьева, Л.А. Пантелеева. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – 46 с.

14.Санаев Ю.И. Повышение эффективности электрофильтров с использованием их рабочих характеристик. Химическое и нефтегазовое машиностроение. / Ю. И. Санаев 2015№8, С.33-35.

15.Контур Норматив [Электронный ресурс] // Порядок проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников. Режим доступа: Приказ Минздрава РФ от 28.01.2021 N 29Н — Редакция от 01.02.2022 — Контур.Норматив (kontur.ru). – Загл. с экрана.

16. Студент сервис [Электронный ресурс] // Вредные выделения при механообработке. Режим доступа: Вредные выделения при механообработке | Студент-Сервис (student-servis.ru). – Загл. с экрана.

17.Студенческие файлы [Электронный ресурс] // Конструкции электрофильтров. Режим доступа: 7.2. Конструкции электрофильтров (studfile.net). – Загл. с экрана.

18. Студопедия [Электронный ресурс] // Производственная пыль и её влияние на организм человека. Производственная пыль и ее влияние на организм человека. Режим доступа: Производственная пыль и ее влияние на организм человека — Студопедия (studopedia.ru). – Загл. с экрана.

19. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс] // Способ оценки пылевой нагрузки электрофильтра и способ и устройство управления встряхиванием электрофильтра. Режим доступа: Способ оценки пылевой нагрузки электрофильтра и способ и устройство управления встряхиванием электрофильтра (elibrary.ru). – Загл. с экрана.

20.Экоплан [Электронный ресурс] // Очистка воздуха от пыли на промышленных предприятиях в цехах. Режим доступа: Промышленная и производственная пыль. Происхождение и методы борьбы (eko-pushkin.ru). – Загл. с экрана.

21.Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe *OJ L 152, 11.6.2008, p. 1–44 (BG, ES, CS,*

DA, DE, ET, EL, EN, FR, IT, LV, LT, HU, MT, NL, PL, PT, RO, SK, SL, FI, SV)
Special edition in Croatian: Chapter 15 Volume 029 P. 169 – 21

22.Standards.iteh [Электронный ресурс] // Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM10 or PM2,5 mass concentration of suspended particulate matter Режим доступа: EN 12341:2014 - Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the (iteh.ai). – Загл. с экрана.